



Universidad de Castilla-La Mancha

Escuela Superior de Ingeniería Informática

Departamento de Sistemas Informáticos

Programa Oficial de Postgrado en Tecnologías Informáticas Avanzadas

Trabajo Fin de Máster

Sistemas de re-aprendizaje basados en Nuevos Paradigmas de Interacción para afectados de Daño Cerebral Sobrevenido

Septiembre, 2012

Alumno: Francisco Javier Navarro Alarcón

Tutores: Dra. Elena M^a Navarro Martínez

Dr. Francisco Montero Simarro

Quiero dedicar este trabajo a mi padre, Valeriano, que superará ésta y cuantas barreras se encuentre en el camino. Y a mi madre, Rosa, valiente luchadora que logró superarla y ahora tiene que verla otra vez en su marido.

También quiero dedicarlo a mi novia, Rosa María, por sus ánimos y por su paciencia.

Contenidos

Índice de figuras	i
Índice de tablas.....	i
Lista de acrónimos	i
Resumen	iii
Capítulo 1	1
Asignaturas Cursadas	1
1.1 Nuevos Paradigmas en HCI	2
1.1.1 Descripción del curso	2
1.1.2 Trabajo Realizado	2
1.2 Generación de documentos científicos en informática	3
1.2.1 Descripción del curso	3
1.2.2 Trabajo Realizado	3
1.3 Sistemas avanzados de interacción persona-computador: Sistemas colaborativos y computación ubicua.....	5
1.3.1 Descripción del curso	5
1.3.2 Trabajo Realizado	5
1.4 Tecnología software orientada a objetos	7
1.4.1 Descripción del curso	7
1.4.2 Trabajo Realizado	7
1.5 Calidad de interfaces de usuario: desarrollo avanzado	9
1.5.1 Descripción del curso	9
1.5.2 Trabajo Realizado	9
1.6 Grid computing	11
1.6.1 Descripción del curso	11
1.6.2 Trabajo Realizado	11
Capítulo 2	13
Estado del Arte	13
2.1 Introducción	13
2.2 El Daño Cerebral Sobrevenido	13
2.2.1 Contexto y alcance del Daño Cerebral Sobrevenido.....	14

2.2.2	Tratamiento de afectados con Daño Cerebral Sobvenido	21
2.3	Nuevas técnicas de interacción	31
2.3.1	Nuevas interfaces	31
2.4	Análisis y conclusiones	35
Capítulo 3	37
Diseño de interfaces adaptativas para la rehabilitación del DCS.....		37
3.1	Introducción	37
3.2	Hipótesis de partida	38
3.3	Propuesta y trabajos iniciales.....	39
3.3.1	Caracterización de interfaces adaptativas para afectados de DCS	39
3.3.2	Arquitectura de interfaces adaptativas.....	40
3.3.3	Data mining	42
3.4	Conclusiones.....	48
Capítulo 4	49
Anteproyecto de Tesis	49
4.1	Introducción	49
4.2	Dominio del problema.....	49
4.3	Propuesta de tesis doctoral.....	49
4.3.1	Calidad en uso	50
4.3.2	Adaptatividad	51
4.3.3	Modelos de usuario.....	52
4.4	Planificación y actividades.....	53
4.5	Conclusiones.....	55
Capítulo 5	57
Curriculum Vitae	57
5.1	Titulación académica.....	57
5.2	Otras titulaciones académicas.....	57
5.3	Participación en Seminarios, Congresos, Cursos y en Eventos de Difusión Científica	57
5.4	Otros méritos	57
5.4.1	Experiencia profesional docente no universitaria.....	57
5.4.2	Experiencia profesional no docente.....	58
5.4.3	Formación complementaria	59
Bibliografía	61

Índice de figuras

FIGURA 2-1: EMBOLIA CEREBRAL	15
FIGURA 2-2: HEMORRAGIA CEREBRAL.....	15
FIGURA 2-3: MECANISMO LINEAL GOLPE-CONTRAGOLPE.....	17
FIGURA 2-4: TAC DE LESIÓN ABIERTA	17
FIGURA 2-5: EYECAN DE SAMSUNG	18
FIGURA 2-6: DAÑO CEREBRAL SOBREVENIDO EN CASTILLA-LA MANCHA , 2005-2009, CMBD-H (CONJUNTO MÍNIMO BÁSICO DE DATOS-HOSPITALIZACIÓN, SISTEMA NACIONAL DE SALUD.....	20
FIGURA 2-7: INCIDENCIA DE LESIÓN INTRACRANEAL POR EDADES EN CASTILLA-LA MANCHA, 2009 , CMBD-H (CONJUNTO MÍNIMO BÁSICO DE DATOS-HOSPITALIZACIÓN, SISTEMA NACIONAL DE SALUD	21
FIGURA 2-8: HABITAT V2.0 – ESPECIALISTA: DISEÑO DE PROPUESTA DE TRAZO PARA DIBUJO	23
FIGURA 2-9: PREVIRNEC - REALIZACIÓN DE ACTIVIDAD PUZZLE	25
FIGURA 2-10: NEURONUP – PRESENTACIÓN	25
FIGURA 2-11: PANEL DE INTERACCIÓN PARA REHACOM	26
FIGURA 2-12: REHACOM - GESTIÓN DE ACTIVIDADES POR EL ESPECIALISTA.....	26
FIGURA 2-13: INDIGO - ACTIVIDAD DE BÚSQUEDA DEL NÚMERO QUE FALTA.....	27
FIGURA 2-14: SMARTBRAIN - ACTIVIDAD DE RECONOCIMIENTO	28
FIGURA 2-15: CYT-L - PERSONALIZACIÓN DE ACTIVIDADES	28
FIGURA 3-5: CALIDAD EN USO SEGÚN LA ISO/IEC 25010:2011	30
FIGURA 3-6: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN REALIZADA CON ESPECIALISTAS.....	30
FIGURA 2-19: VISIÓN ARTIFICIAL. RECONOCIMIENTO FACIAL. SEGMENTACIÓN	32
FIGURA 2-20: GENERACIÓN DE MODELO 3D DE CIUDAD CON REALIDAD VIRTUAL	33
FIGURA 2-21: DISPOSITIVOS FÍSICOS DE INTERACCIÓN	34
FIGURA 3-1: ACTIVIDAD DE PERCEPCIÓN EN GRADIOR	38
FIGURA 3-2: ARQUITECTURA DE UN SISTEMA QUE UTILIZA UN MODELO DE USUARIO	40
FIGURA 3-3: ARQUITECTURA DE INTERFAZ ADAPTATIVA GUIADA POR MODELOS EN NIVELES.....	41
FIGURA 3-4: PROCESO DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN CON DATA MINING	43
FIGURA 4-1: CALIDAD DE USO ISO/IEC 9126-1	50
FIGURA 4-2: ACTORES EN EL PROYECTO DE TESIS.....	54
FIGURA 4-3: DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LAS ACTIVIDADES	55

Índice de tablas

TABLA 2-1: TABLA COMPARATIVA DE HERRAMIENTAS SOFTWARE DE REHABILITACIÓN COGNITIVA.....	29
--	----

Lista de acrónimos

Acrónimo	Significado
ABI	Acquired Brain Injury
ACV	Accidente Cerebro-vascular
DCA	Daño Cerebral Adquirido
DCS	Daño Cerebral Sobrevenido
ESI	Escuela Superior de Informática
ESII	Escuela Superior de Ingeniería Informática
TAC	Tomografía Axial Computarizada
TCE	Traumatismo Cráneo-Encefálico
TFM	Trabajo de Fin de Máster
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UAB	Universidad Autónoma de Barcelona
UCLM	Universidad de Castilla-La Mancha

Resumen

El campo de la investigación en torno al Daño Cerebral Sobrevenido (DCS) está tomando cada día más fuerza por el impacto social del problema. La esperanza de vida de los afectados de DCS es cada vez mayor, logrando un índice de supervivencia muy superior al de hace años. Esta situación conlleva la necesidad, por parte de los afectados, de llevar a cabo una rehabilitación adecuada y personalizada para recuperar total o parcialmente la calidad de vida perdida.

La investigación en los paradigmas de interacción conlleva el estudio de las interfaces de usuario existentes y la tecnología asociada a ellas, tanto software como hardware. Las interfaces de usuario son aplicadas en una variada diversidad de campos, siendo el de la rehabilitación cognitiva un campo de especial interés.

En el terreno de las interfaces persona-ordenador aplicado al ámbito de la rehabilitación de los afectados por DCS resulta de gran importancia la retroalimentación que proporcionen las claves acerca del uso que se hace de la aplicación software utilizada en la rehabilitación. Dicha retroalimentación puede aportar información a los distintos usuarios implicados tanto en el proceso de desarrollo como de rehabilitación. Como ejemplo, a los especialistas, la idoneidad de asignar cierto tipo de actividades en un momento adecuado a un afectado. Para los diseñadores, información acerca de la usabilidad de la interfaz. Para ello se hacen adecuadas las cada vez más utilizadas “interfaces inteligentes”, es decir, aquellas que se adaptan al usuario que las manipula con el fin de proporcionar un óptimo aprovechamiento. Este tipo de interfaces reduce el número veces que los diseñadores tienen que intervenir para corregir una interfaz puesto que son capaces de adaptarse a las necesidades del usuario a partir de su experiencia de uso. Por lo tanto, resulta necesaria la aplicación de técnicas que extraigan información estructurada de forma totalmente transparente al usuario de acuerdo a sus características cognitivas.

En el capítulo 1 del presente trabajo fin de máster se exponen los distintos trabajos realizados en las distintas asignaturas cursadas, seleccionadas por su relación directa con el mismo. En el capítulo 2 se hace un recorrido por el estado del arte en cuanto a la línea de investigación, sirviendo así de punto de partida. En el capítulo 3 se expone el trabajo de investigación realizado y que servirá de base para la planificación de futuras investigaciones en el doctorado que se reflejan en el capítulo 4 con el anteproyecto de tesis. Para concluir se muestra el currículum vitae del alumno trabajo donde se refleja su trayectoria profesional e investigadora.

Capítulo 1

Asignaturas Cursadas

El presente capítulo recopila y describe el trabajo realizado en cada una de las asignaturas que ha cursado el alumno en el periodo de formación académica 2011/2012 del Doctorado en el programa de Tecnologías Informáticas Avanzadas de la Universidad de Castilla La-Mancha (UCLM).

Dichas asignaturas han sido cursadas en la Escuela Superior de Ingeniería Informática (ESII) en el Campus Universitario de Albacete y en la Escuela Superior de Informática (ESI) en el Campus Universitario de Ciudad Real de la UCLM.

Las asignaturas cursadas, “Nuevos paradigmas en HCI”, “Sistemas avanzados de interacción persona-computador: Sistemas colaborativos y computación ubicua”, “Calidad de interfaces de usuario: desarrollo avanzado”, “Tecnología software orientada a objetos”, “Generación de documentos científicos en informática” y “Grid computing” se seleccionaron en función de la concordancia con la línea de investigación, siendo las cuatro primeras las que mayor relación directa tienen, y de mi interés por el campo presentado en ellas. A continuación se describen las asignaturas y los trabajos realizados.

1.1 Nuevos Paradigmas en HCI

Impartido por los doctores Dña. María Teresa López Bonal, D. José Pascual Molina Massó, D. Miguel Ángel Fernández Graciani y D. Antonio Fernández Caballero.

1.1.1 Descripción del curso

El curso aborda los siguientes temas:

- Visión artificial. Comienza con una introducción al mundo de la visión artificial, realizando un estudio de todos los parámetros que guían el reconocimiento de patrones en imágenes, tanto estáticas como en movimiento (detección de movimiento), adquiriendo conocimientos y técnicas que nos permiten procesar las imágenes en busca de información. Del mismo modo se aborda la representación en 3D en escenas, concluyendo con el papel de la visión artificial en la interacción persona-ordenador.
- Interfaces de usuario 3D. Comenzando con una revisión a la historia de las interfaces 3D, se estudia la metodología que sigue este tipo de interfaces, experimentando con alguno de los lenguajes que permiten su diseño. Se estudian nuevos paradigmas de interacción persona-ordenador basados en la tecnología 3D como puede ser la realidad aumentada y la realidad virtual.
- HCI en la red. Las interfaces persona-ordenador han sabido adaptarse a los tiempos actuales, en los que Internet juega un papel importante. Entran en juego nuevas formas de interacción en forma de red social, nuevos usuarios, etc. Se toma conciencia de las características que debe tener una interfaz que pretenda ser usada por el mayor número de usuarios posible.
- Agentes software. Donde se introduce al concepto de agente software, describiendo su función y el papel que juegan en las interfaces persona-ordenador actuales.

Con esto se consigue una perspectiva general sobre los nuevos paradigmas utilizados en la interacción persona-ordenador

1.1.2 Trabajo Realizado

Se ha desarrollado un estudio acerca de la aplicación que puede hacerse de las técnicas de data-mining en la evaluación de la usabilidad de interfaces persona-ordenador. Este trabajo ha consistido en el estudio de las técnicas actuales de data-mining, comparando sus bondades y distinguiendo los casos en que son más eficaces. Se identificaron los tipos de interfaces persona-ordenador que se pueden presentar, detectando otros posibles paradigmas que pueden aplicarse en el desarrollo de interfaces de usuario. A través del material de clase y la bibliografía proporcionada en el curso así como información adicional buscada, se han identificado aquellos paradigmas de interfaz persona-ordenador que más potencial tienen en un futuro próximo, no solo por la demanda de los usuarios, también por el rápido desarrollo de la tecnología asociada. Uniendo ambos ámbitos se ha realizado un estudio de los mecanismos que podrían ser empleados para la obtención de datos de uso en interfaces, sobre todo en aquellas que son empleadas por usuarios con algún tipo de deficiencia cognitiva.

El mundo de las interfaces de usuario supone un campo de investigación de interés dada la importancia que tienen en el éxito o fracaso de una aplicación software. La labor de investigación y trabajo correspondiente posibilita la adquisición de una base de conocimientos en el tema que servirán de guía y punto de partida en la investigación de nuevos paradigmas de interacción y métodos de extracción de información de uso en mi trabajo de investigación.

1.2 Generación de documentos científicos en informática

Impartido por los doctores D. José Antonio Gámez Martín, D. Luis de la Ossa Jiménez y D. Francisco Parreño Torres.

1.2.1 Descripción del curso

El curso aborda los siguientes temas:

- Metodología de la investigación. El primero de los bloques del curso resulta de gran utilidad por la gran cantidad de recursos que aporta. De especial interés las bases de datos de documentos científicos, útiles en la búsqueda de conocimiento. Proporciona buenas prácticas en cuanto a la elaboración, presentación y forma de abordar los trabajos de investigación. Por último, la práctica con las diferentes unidades de medida de la cienciometría resulta de gran interés en cuanto a un posible trabajo de doctorado, pudiendo evaluar nuestra calidad investigadora, proporcionando guías acerca de organizaciones o congresos más o menos adecuados para la publicación de contenidos.
- Contraste de hipótesis estadísticas. A través de una introducción a la estadística descriptiva se abordan diferentes formas de representación de la información a partir de los datos de un experimento. Se aborda el manejo de la herramienta de software R y su interfaz gráfica R-Commander como herramienta que permite el manejo y representación de datos estadísticos. Se finaliza con el estudio de diversos métodos de contraste de información estadística dependiendo de su naturaleza, paramétricos y no paramétricos. Este bloque resulta de gran utilidad como herramienta de acotación de caminos de investigación a priori.
- Edición de documentos con LaTeX. Este último bloque proporciona los conocimientos y la experiencia necesarios para la elaboración de documentos científicos con el lenguaje de marcas LaTeX, muy difundido entre la comunidad científica y prácticamente esencial para el éxito de una publicación.

1.2.2 Trabajo Realizado

La labor desarrollada en esta asignatura ha consistido en la elaboración de dos trabajos. El primero de ellos ha sido el análisis de una variante del índice h de Hirsch que contempla la problemática del cálculo de la calidad investigadora en aquellos casos en que un artículo es escrito por varios autores. Para llevarlo a cabo se ha seleccionado un investigador del que se ha tenido que averiguar el índice h de cada uno de sus co-investigadores para poder aplicar el método de cálculo propuesto. Concretamente se ha elegido a Francisco Montero, perteneciente al Departamento de Sistemas Informáticos de la ESII de Albacete por trabajar en el ámbito de la calidad de las interfaces persona-ordenador con el que está relacionada este trabajo fin de máster. Ha resultado de gran utilidad este trabajo por el hecho de emplear las distintas bases de datos que ofrecen información acerca de la calidad de los investigadores y de poder contrastar estos índices con métodos alternativos.

El segundo trabajo fue de carácter obligatorio y consistió en un trabajo final en el que se realiza el contraste de hipótesis en dos casos, uno de ellos mediante contraste paramétrico y en el otro caso utilizando un método de contraste no paramétrico. En el caso del contraste paramétrico se han los datos obtenidos en un experimento previo [1] con los que se ha podido comprobar si es posible aceptar la hipótesis de que alguno de los dos factores que intervenían en el experimento o incluso la interacción entre ambos era influyente. Los datos se refieren a encuestas contestadas por alumnos de grado y postgrado en informática con conocimientos en modelado de requisitos acerca de la facilidad de comprensión de dos lenguajes de modelado de requisitos utilizados en el modelado de dos sistemas colaborativos distintos.

El segundo contraste se ha realizado con métodos no paramétricos y ha consistido en la comprobación de la aceptación o no de la hipótesis de que no existen diferencias significativas entre la puntuación que obtiene un alumno en asignaturas estrechamente relacionadas. Se ha llevado a cabo con datos de notas obtenidas por un grupo de alumnos en un centro de secundaria en tres asignaturas relacionadas en cuanto a temática (informática).

Ambos trabajos han resultado de gran utilidad en cuanto a la experiencia adquirida en el ámbito de la estadística aplicada a la actividad investigadora. La información que proporciona el contraste de hipótesis permite realizar una planificación al comienzo de una investigación en cuanto a los recursos que se usarán durante el desarrollo de ésta. La estadística y el contraste de hipótesis conforman una herramienta capaz de acotar los caminos de investigación, optimizando los recursos.

Las técnicas aprendidas en esta asignatura resultan de gran aplicación en un experimento de investigación, unido a la profesionalidad de los documentos finales obtenidos con el lenguaje de marcas LaTeX visto en esta asignatura.

1.3 Sistemas avanzados de interacción persona-computador: Sistemas colaborativos y computación ubicua

Impartida por los doctores D. Miguel Ángel Redondo Duque, D. Crescencio Bravo Santos y Dña. Ana Isabel Molina Díaz.

1.3.1 Descripción del curso

El curso aborda los siguientes temas:

- Sistemas colaborativos y ubicuos. A través de una revisión de varios sistemas software se hace una introducción al concepto de sistema colaborativo y al de sistema ubicuo. Es posible comprender las diferencias funcionales entre ellos, permitiendo tomar nota de las características que un buen sistema colaborativo y ubicuo debería implementar.
- Aprendizaje colaborativo. Se exponen diferentes métodos de especificación y diseño de sistemas colaborativos en los que la principal finalidad es el aprendizaje a través de la plataforma. Se introduce el término de simulación como un método de diseño de estos sistemas.
- Sistemas groupware. El diseño de una herramienta colaborativa ha de realizarse siguiendo una planificación. En esta parte se proporcionan diversas técnicas que permiten tanto el análisis como el diseño de sistemas groupware, cumpliendo los requisitos de los usuarios finales. Para asegurar la plena satisfacción de éstos existen técnicas que permitirán evaluar la interfaz del sistema groupware, aprendiendo a distinguir entre las más adecuadas según el contexto a aplicarlas.

1.3.2 Trabajo Realizado

La realización de los trabajos correspondientes a esta asignatura ha permitido adquirir experiencia en el terreno de las interfaces de usuario colaborativas. En esta asignatura no existe un único trabajo final sino uno por bloque de contenidos.

El trabajo correspondiente al tema “Sistemas colaborativos y ubicuos” ha servido para poder conocer las diferentes tecnologías que existen actualmente para el desarrollo de sistemas que soportan computación ubicua..

En el trabajo correspondiente al tema “Aprendizaje colaborativo” se ha analizado los componentes que debe tener un framework para posibilitar el análisis de la colaboración de las interfaces, algo imprescindible a la hora de un correcto diseño. Así mismo, se han estudiado las características de algunos toolkits y frameworks [2] que posibilitan la implementación de interfaces colaborativas. El diseño de interfaces colaborativas no es una tarea fácil ya que deben tenerse en cuenta los mecanismos y agentes que intervienen en la colaboración.

En el trabajo correspondiente al tema “Sistemas groupware” se ha analizado tres de las múltiples técnicas de evaluación de sistemas groupware existentes, identificando los puntos débiles y fuertes de cada una de ellas, lo cual supone una referencia a la hora de elegir una u otra para llevar a cabo la evaluación de un sistema groupware concreto. Este trabajo permitió conocer las diferentes técnicas existentes para evaluar la desviación del diseño de un sistema colaborativo respecto a las especificaciones de los usuarios finales.

Los conceptos y metodologías que se recogen en esta asignatura han resultado de especial utilidad para enfocar el presente trabajo fin de máster ya que el ámbito de la ubicuidad de las interfaces y la colaboración entre usuarios está sufriendo un considerable desarrollo e investigación en los últimos años. A esto contribuye el progreso de la tecnología que posibilita

la ejecución distribuida de las tareas, ofreciendo entornos muy distintos para la realización de las mismas tareas.

1.4 Tecnología software orientada a objetos

Impartida por los doctores Dña. Elena Mª Navarro Martínez, Dña. Mª Dolores Lozano Pérez y D. Víctor Ruíz Penichet.

1.4.1 Descripción del curso

El curso aborda los siguientes temas:

- Desarrollo de software dirigido por modelos. Este módulo está orientado a adquirir competencias encaminadas a la automatización de la generación de código. Para ello se hace uso de una plataforma de diseño de modelos y meta-modelos desarrollada por Eclipse (EMF). Resulta interesante comprobar cómo a partir de un meta-modelo es posible generar código fuente en distintos lenguajes destino configurando las correspondientes plantillas para cada transformación. Esta aproximación resulta de gran interés, sobre todo en aquellos casos en que se quiera contemplar la portabilidad entre plataformas.
- MB-UIDE. El desarrollo de software dirigido por modelos puede emplearse no sólo para desarrollar la lógica de la aplicación, sino que cada vez es más usual su utilización para desarrollar interfaces de usuario. Esto permite aprovechar todas las ventajas del desarrollo de software guiado por modelos. Mediante la práctica con los diferentes modelos (tareas, usuario, diálogo, dominio...) que pueden ser necesarios para el desarrollo de software guiado por modelos se han presentado unas buena práctica que permites la generación de interfaces de usuario de forma totalmente automatizada, tomando como referencia un caso de estudio basado en un sistema de revisión de artículos.
- Sistemas colaborativos. A través de la herramienta colaborativa TOUCHE se ha presentado los sistemas colaborativos, muy demandados hoy en día y con un amplio potencial de uso en todos los ámbitos, social y laboral. En estos tiempos en los que el uso de Internet se hace cada día más necesaria y habitual es necesario aprovechar el potencial que ésta tiene e integrarlo con las aplicaciones disponibles, permitiendo la realización de tareas colaborativas entre varios usuarios, sea cual sea su ubicación y momento.

1.4.2 Trabajo Realizado

El trabajo ha consistido en la investigación de las técnicas actuales y aconsejables para el desarrollo de interfaces de usuario que han de ser aplicadas en la rehabilitación de personas, que ha venido a complementar el trabajo llevado a cabo en este trabajo fin de máster.

El desarrollo de interfaces de usuario que han de aplicarse en los procesos de rehabilitación ha de llevarse a cabo utilizando metodologías que tengan en cuenta la particularidad de cada usuario, consiguiendo la mejora del proceso de rehabilitación respecto a dicho proceso sin la utilización de estas interfaces.

El trabajo de este curso de doctorado se ha encaminado a la búsqueda de las técnicas que permitan el ajuste o adaptación de las interfaces a los usuarios que las utilizan en su rehabilitación, permitiendo así aumentar el grado de satisfacción y motivación y la optimización de las capacidades recuperadas al final del proceso de rehabilitación.

Las adaptaciones necesarias en cada momento es recomendable que sean llevadas a cabo de la manera más transparente posible al usuario, automatizando las decisiones (adaptatividad), por lo que debe dotarse a las interfaces de inteligencia de decisión. Estas decisiones se llevan a cabo a partir de datos que indiquen la situación actual para cada usuario, en términos de capacidades adquiridas, momento del proceso de rehabilitación, perfil personal, etc. que puede corresponderse con el modelo que se haya elaborado para el usuario. En el trabajo se contemplan algunas técnicas de obtención de medidas o datos necesarios para la toma de

decisiones en cuanto a las adaptaciones a llevar a cabo en la interfaz para la rehabilitación de personas con Daño Cerebral Sobrevenido.

1.5 Calidad de interfaces de usuario: desarrollo avanzado

Impartida por los doctores D. Pascual González López, D. Francisco Montero Simarro y D. Víctor López Jaquero.

1.5.1 Descripción del curso

El curso aborda los siguientes temas:

- Calidad de interfaces de usuario. El concepto de calidad es algo que no siempre se tiene claro al desarrollar interfaces de usuario. En este módulo se aclara el término, comparándolo con otros ejemplos de características de una interfaz que no equivalen a ello. Se dejan claras las habilidades que tenemos las personas para percibir, siendo esta información muy útil para el diseño de interfaces de usuario optimizadas. Del mismo modo, también se describen algunos conceptos relacionados con las nuevas tendencias en interacción de las interfaces de usuario.
- MDA y adaptación: Al igual que en el curso de Tecnología software orientada a objetos, se nos introduce en la metodología de desarrollo software guiada por modelos, entendiendo por modelo la vista parcial de un sistema, la idealización. El trabajo con modelos permite independizar el desarrollo software de la plataforma, obteniendo una mayor flexibilidad y portabilidad. Esta metodología también se aplica al desarrollo de interfaces de usuario en la que las interfaces son generadas a partir de los modelos elaborados MB-UID. Un ejemplo que se estudia como lenguaje para la especificación de interfaces de usuario es UsiXML, un lenguaje de marcas basado en XML. El concepto de adaptación también se describe, distinguiendo diferentes técnicas para conseguir que una interfaz de usuario sea capaz de ajustarse dinámicamente para conseguir atraer al usuario y aumentar su eficacia.
- Usabilidad. Ampliando el apartado de calidad, este módulo pretende recalcar la importancia del desarrollo de interfaces de usuario teniendo en cuenta aspectos como la calidad, centrándose en la usabilidad y la calidad en uso. Se debe diferenciar el concepto de calidad de una interfaz de usuario para los desarrolladores y para los usuarios finales, quienes principalmente consideran una interfaz de calidad aquella que es fácil de usar y es productiva. Para que una interfaz sea fácil de usar debe ofrecer un reducido tiempo de entrenamiento y ser lo más intuitiva posible, aprovechando características similares a otras interfaces. Se proporcionan principios de usabilidad que una interfaz debería cumplir y algunos ejemplos de ellas. La evaluación de la usabilidad es un aspecto importante a tener en cuenta ya que nos permitirá comprobar si se cumplen dichos principios de usabilidad. Se proporcionan diferentes técnicas de evaluación.

1.5.2 Trabajo Realizado

El trabajo desarrollado para este curso se ha centrado en el estudio de las características adecuadas que debe tener una interfaz de usuario utilizada para la rehabilitación de personas y de las técnicas y entornos de desarrollo de este tipo de interfaces existentes. Las interfaces de rehabilitación por su naturaleza deben estar en continuo cambio para adaptarse a los usuarios que las utilizan. En este trabajo se analiza la adaptatividad de las interfaces y su necesaria aplicación a este tipo de interfaces. Se da respuesta a las preguntas de qué, cuándo y cómo aplicar las adaptaciones, abordando diferentes técnicas de adaptación dinámica de interfaces como pueden ser la adaptación de navegación, de presentación y de contenido. En cuanto a los entornos de desarrollo este trabajo se centró en la investigación de Adaptive User Interface Technology [3], un entorno que utiliza el lenguaje de marcas XML para codificar el diseño de las interfaces, con el que se pueden desarrollar interfaces que se ejecuten en

múltiples plataformas, dispositivos o con diversos tipos de usuarios, adaptándose a ellos según los roles y reglas codificados.

En el trabajo se realizó un análisis de algunas de las interfaces adaptativas más habituales hoy en día como son LinkedIn, GMail o el sistema de ayuda de la suite ofimática MS Office que es capaz de analizar el comportamiento de uso de la interfaz, ofreciendo así la ayuda más adecuada y eficaz al usuario en un momento y contexto determinado.

Para finalizar, se realizó un análisis de las diversas herramientas software que se están utilizando en la rehabilitación de personas en cualquier campo, concluyendo que una buena interfaz de usuario dedicada a la rehabilitación debe aplicar adaptatividad en cuanto al contenido y en cuanto a la elección de los ejercicios que mejores rendimientos extraigan del afectado en un momento determinado, por lo que deberán dotarse de inteligencia con capacidad de decisión. Por lo general, en este tipo de interfaces la utilización de modelos es recomendada, ofreciendo un mecanismo de almacenamiento de perfiles y de comportamiento que será útil como entrada para el análisis de la decisión a tomar en cuanto a la adaptación óptima.

1.6 Grid computing

Impartida por los doctores D. Fernando López Pelayo, D. Karim Djemame y Dña. M^a Emilia Cambroner Piqueras.

1.6.1 Descripción del curso

El curso ha sido impartido en inglés y español, abordando los siguientes temas:

- El estado del arte del complejo diseño de sistemas distribuidos usando tecnología Grid
- Profundización en el diseño de procesos teniendo en cuenta: las características asociadas a las arquitecturas Grid y los requisitos de los sistemas Grid
- Temas relacionados como la arquitectura web, economía Grid, computación autónoma etc.
- Actualidad en los sistemas distribuidos, prestando especial atención en el Cloud computing
- Gestión de las capacidades de procesamiento y almacenaje de este tipo de sistemas

Obteniendo posteriormente la habilidad para razonar sobre las actuales y nuevas direcciones que están tomando las investigaciones sobre computación Grid. Identificando los requisitos, capacidades y rendimiento de los sistemas Grid. Conocer la posibilidad de diseñar frameworks de alto nivel para arquitecturas Grid y usar middleware y herramientas Grid para implementar sistemas colaborativos.

1.6.2 Trabajo Realizado

El trabajo realizado para este curso se enfocó a la aplicación de la computación en la nube en las herramientas de rehabilitación de personas con daño cerebral ya existentes.

La computación en la nube ofrece una serie de ventajas que no pueden ser desaprovechadas, sobre todo en aplicaciones tan importantes como las utilizadas en la rehabilitación del Daño Cerebral Sobrevenido en las que la metodología y ejercicios que se lleven a cabo durante el proceso de rehabilitación van a marcar la calidad de vida final de los afectados. En esa aproximación se incluye también el lugar de realización de la rehabilitación, el cual, si es distinto del hogar del afectado supone una molestia en muchos casos traumática y contraproducente por el estrés producido, no solo en el propio afectado sino también en el entorno familiar que debe acompañarle.

En este trabajo se estudia la arquitectura que se debería considerar si se toma la decisión de migrar una aplicación a la nube, abordando las diferentes soluciones software disponibles en el mercado que permitirían implantarla. Así mismo se estudian los requisitos técnicos mínimos que serían necesarios para implantar dicha arquitectura, teniendo en cuenta los factores que determinarán el fracaso o el éxito de dicha migración, como el ancho de banda o el retardo en la transmisión. Estos y otros factores pueden llevarnos a decidir si es viable la migración a la nube ya que, al contrario de lo que se pueda llegar a pensar, no todas las aplicaciones son migrables a la nube.

Para comprobar que esta arquitectura es correcta se estudió la aplicación en un caso real a través de la utilización de la arquitectura proporcionada por Amazon Web Services en la implementación del portal web de una pequeña empresa inmobiliaria de Brasil, a partir del cual los usuarios pueden realizar búsquedas y trámites inmobiliarios.

Este estudio resulta de gran utilidad para analizar la viabilidad de la migración a la nube de la herramienta software de rehabilitación de personas con Daño Cerebral Sobrevenido HABITAT [4]. Esto permitiría que los especialistas realizaran la planificación óptima para los afectados o incluso llegaran a comunicarse directamente, y los afectados evitarían las molestias causadas

por los continuos viajes a la clínica de rehabilitación, pudiendo realizar los ejercicios desde sus propias casas.

Capítulo 2

Estado del Arte

2.1 Introducción

El presente capítulo recopila los conocimientos esenciales para entender las características y problemática que presentan las personas que han sufrido algún tipo de Daño Cerebral Sobrevenido (DCS o ABI en inglés) o también llamado Daño Cerebral Adquirido (DCA). Al mismo tiempo pretende dar a conocer las nuevas técnicas de interacción aplicadas a las interfaces persona-ordenador que se aplican actualmente, en diferentes ámbitos y que pueden servir de base para su aplicación en la rehabilitación de personas afectadas por Daño Cerebral Sobrevenido.

Para comenzar a explicar dichos conocimientos, se empezará por explicar el concepto de DCS, distinguiéndolo de otros tipos de daño cerebral y mostrando las características que presentan los afectados de DCS y el contexto que les rodea. Del mismo modo se hará un repaso en cuanto al método de tratamiento de los afectados de DCS.

Una vez visto esto se identifican y describen las nuevas técnicas de interacción utilizadas hoy en día en interfaces de usuario aplicadas en distintos ámbitos de trabajo. Estas técnicas se utilizarán como punto de partida en el trabajo de investigación, estudiando su posible utilización en la rehabilitación cognitiva de personas afectadas por DCS para mejorar la efectividad del proceso.

Este presente describe por tanto las bases necesarias para el diseño de interfaces de usuario que puedan adaptadas a las necesidades específicas de las personas afectadas por DCS, al identificar claramente cuáles son las características de los afectados de DCS. Para el correcto diseño de las interfaces es esencial conocer las técnicas de interacción que actualmente existen de forma que se seleccionen aquellas que mejor se ajustan al proceso de rehabilitación de los afectados por DCS, aportando flexibilidad para su adaptación al usuario.

2.2 El Daño Cerebral Sobrevenido

Debido a la complejidad del cerebro humano [5], puede resultar de extrema importancia el hecho de que se dañe cualquiera de las áreas o partes en que se estructura.

El DCS es el resultado de una lesión súbita, en la mayoría de los casos, en las estructuras cerebrales, que da lugar a diferentes problemas de muy diversa índole, ya que el cerebro controla todas las funciones vitales desde las más básicas (respiración, presión arterial, frecuencia cardíaca), hasta las más sofisticadas (creación artística, abstracción, emociones), no obstante no disponemos de un mapa funcional consensuado y cerrado [6]. Por lo tanto, estamos hablando de una afección por accidente y no genética o por degeneración vital.

Todo DCS tiene en común dos características principales: que es repentino, es decir, tanto el afectado como su entorno no disponen de un tiempo de adaptación a la discapacidad y la pérdida de calidad de vida que genera. Y su heterogeneidad, es decir, no existe un colectivo de la sociedad que pueda descartarse a la hora de sufrir un DCS. Como veremos más adelante en este mismo punto, la cantidad de afectados va en aumento con el paso de los años aunque, por suerte, la tasa de supervivencia, aunque con necesidades de rehabilitación, también aumenta.

El propio Defensor del Pueblo expone en [7] la situación en la que se encuentran tanto los afectados como sus familiares o entorno más cercano después de haber sufrido un accidente que les causa DCS. Así, expone que: “Comprender el mundo del afectado por daño cerebral es comprender cómo la existencia del ser humano cambia por un hecho traumático. El mundo cotidiano es bruscamente destruido, las posibilidades, los valores y las perspectivas cambian”.

2.2.1 Contexto y alcance del Daño Cerebral Sobrevenido

Una vez descrito el concepto de DCS cabe descubrir más acerca de su contexto y alcance, es decir las causas que llevan a que una persona pueda sufrir DCS y las consecuencias que éste provoca.

2.2.1.1 Causas del Daño Cerebral Sobrevenido

La naturaleza compleja del cerebro humano explica perfectamente la diversidad en los grados y tipos de afección a los que se puede ver expuesta una persona con lesión cerebral. Esta afección depende de varios factores, como puede ser el área del cerebro lesionada, el grado de lesión y las funciones de esa área afectadas, ya sea perdiéndolas por completo o disminuyendo su efectividad. Teniendo en cuenta estas variables es posible que en el afectado se produzcan desde una simple cefalea hasta un estado de coma duraderos en el tiempo.

Dada la amplia variedad de afecciones o alteraciones posibles al producirse un DCS sería bastante difícil medir el nivel de afección producido en este tipo de afectados. Para simplificar el proceso se puede optar por establecer una serie de grupos de afectados, los cuales han sufrido la lesión cerebral de la misma forma. De entre todas las posibles clasificaciones que se podrían realizar teniendo en cuenta este factor, elegiremos la realizada en [8], donde se establecen tres grupos principales de afectados, definiendo la causa que originó su daño cerebral:

- Causas de los problemas neuropsicológicos: Traumatismo Craneoencefálico (TCE), Accidentes Cerebro-vasculares (ACV) y demencias
- Problemas neurológicos: esclerosis múltiple
- Psiquiátricos: esquizofrenia

El DCS también puede producirse por otras causas físicas, como por ejemplo por paradas cardio-respiratorias (en este caso hablamos de una anoxia) o por infecciones, como en el caso de la meningitis que puede llegar a provocar daños cerebrales, pero estas causas suelen ser las de menor índice de ocurrencia.

Principalmente, las causas que causan mayor número de afectados por daño cerebral son los TCE y los ACV, en las cuales me centraré por ser las que mayor índice de hospitalización provocan en la actualidad.

Accidente Cardio-Vascular

Los ACV son considerados por la Organización Mundial de la Salud en sus últimas estadísticas a fecha de 2008 la tercera causa de muerte y la primera en personas adultas con invalidez dado

que, según dicha organización, supone la mitad de las hospitalizaciones registradas por secuelas neurológicas. Al mismo tiempo, los ACV son considerados la segunda causa de daño cerebral, por detrás de los TCE.

En [8] se recoge la definición que la OMS hace del término de ACV: *“Aparición súbita de signos clínicos de una alteración focal (en ocasiones global) del funcionamiento cerebral como consecuencia de una alteración del flujo sanguíneo”*. Es decir, es producido por una anomalía en el torrente sanguíneo a su paso por el cerebro.

Los motivos por los que se produce un ACV pueden ser diversos, por lo que sería difícil clasificarlos por su naturaleza, pero se puede tomar como un modelo de clasificación el realizado por [8] donde se recogen los siguientes grupos:

- Trastornos isquémicos. Producidos por un inadecuado flujo en el torrente sanguíneo. A este tipo de trastornos pertenecen la embolia cerebral (apoplejía), la trombosis y la reducción del torrente sanguíneo. Los tres producen una reducción parcial o total del caudal sanguíneo de manera súbita en las arterias que van al cerebro, produciendo que sus células queden sin suministro de oxígeno durante un tiempo, llegando incluso a morir. Difieren en el lugar donde se forma el coágulo de grasa o de sangre que provoca la obstrucción.
- Hemorragia cerebral. Corresponde a la situación contraria producida en el anterior grupo. En este caso se produce por una entrada masiva de sangre en el interior del cerebro, pero por cauces distintos del torrente sanguíneo, ya que alguna de las arterias que circulan por él se rompe y provoca dos efectos: impide que la sangre circule por esa arteria a otras zonas del cerebro (reducción del torrente) e infiltra de sangre la zona del cerebro donde ocurre la rotura.

“No sería del todo acertado hacerlo” pero se podrían englobar dentro de los ACV las llamadas anoxias, producidas por la falta de oxígeno en el cerebro a causa de una parada cardio-respiratoria. No es una reducción del torrente sanguíneo por una rotura ni por un obstáculo pero sí que podemos decir que se produce por causas relacionadas con el flujo sanguíneo. Otra causa de Accidente Cerebro Vascular es la rotura de aneurismas, que son abultamientos de las venas o arterias, producidas por una debilitación de sus paredes, ya sea congénita o adquirida. Esta rotura puede provocar hemorragias.

La Figura 2-1 muestra una imagen tomada de [9] de un vaso sanguíneo donde se ha producido una embolia cerebral y la Figura 2-2 muestra el estado en el que queda un cerebro tras una hemorragia interna, la cual corresponde a una Tomografía Axial Computerizada (TAC).

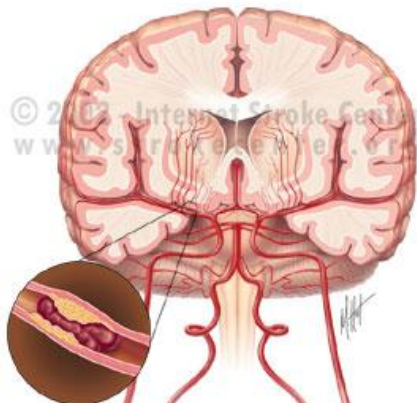


Figura 2-1: Embolia cerebral
(fuente [9])



Figura 2-2: Hemorragia cerebral

Las secuelas que puede provocar un ACV en un afectado dependen en gran parte del área del cerebro afectada, así como del nivel de gravedad de la lesión en esa zona del cerebro, pudiendo llegar a sufrir síntomas tan ligeros como una simple cefalea hasta el estado de coma profundo.

Por lo general, las secuelas que provocan los ACV suelen estar ligadas a la existencia de varios factores como pueden ser la edad, la hipertensión arterial, la diabetes, el consumo de alcohol, tabaco o las posibles enfermedades coronarias que pueda padecer el afectado.

Una vez que ocurre un ACV en una persona, las alteraciones que se pueden producir en ella se producen a nivel físico y a nivel cognitivo, afectando a cada uno de esos niveles según los factores que influyeron al provocar el ACV de los anteriormente citados. En el caso de las alteraciones cognitivas pueden ser fácilmente caracterizadas por su localización en el cerebro. En otro tipo de alteraciones resulta afectada una mayor parte del cerebro y resulta más difícil hacerlo. Por ejemplo, se pueden producir síntomas como la pérdida de conciencia, y a nivel físico la debilitación parcial o incluso total de una parte del cuerpo o una de las mitades opuestas a la zona del cerebro afectada (hemiplejía) y, algunas veces puede darse el caso que llegue a perderse el habla. Según [7], las características que suelen presentar estas alteraciones son: *“las perturbaciones del lenguaje, los déficits de memoria y los problemas perceptivos, cambios en la conducta social y en el estilo de vida del sujeto, así como trastornos emocionales, entre los que sobresalen la presencia de ansiedad y sintomatología depresiva.”* En resumen, son las que producen un aislamiento social en los pacientes provocada, si no directamente, si de forma indirecta por la gran dependencia a la que se ven ligados.

Traumatismo craneoencefálico

Otro tipo de causa que puede provocar una lesión cerebral en menor o mayor medida son los TCE. El artículo del Defensor del pueblo [7] define perfectamente en qué consiste un TCE y cómo distinguirlo de otro tipo de lesiones parecidas: *“El daño cerebral traumático (TCE) se ha definido como una afección del cerebro causada por una fuerza externa que puede producir una disminución o alteración del estado de conciencia, que conlleva una alteración de las habilidades cognitivas o del funcionamiento físico.”*

Por lo tanto, lo distinguimos del ACV en la manera en que se produce la lesión, siendo el TCE a través de una fuerza externa a causa de un accidente o caída y un ACV a través de anomalías internas del cerebro.

Según [8], un TCE es producido por fuerzas externas mecánicas, especificando más concretamente: *“Cuando las fuerzas son externas el cerebro puede ser dañado directamente por un objeto penetrante que atraviesa el cráneo (lesión abierta) o que la cabeza reciba un golpe tan violento que haga que el cerebro choque con las paredes internas del cráneo (lesión cerrada)”*.

Esta definición nos da una base para la clasificación de los TCE. Al igual que con el Daño Cerebral Sobrevenido, los TCE pueden llegar a clasificarse en función de diversos factores, por ejemplo la clasificación que refleja [10] según la escala de coma de Glasgow, pero en esta ocasión tomaremos como factor la ruptura o no del cráneo:

- Traumatismo Craneoencefálico cerrado. Se produce una lesión del cerebro por el movimiento brusco dentro del cráneo a causa de una fuerza externa (ver Figura 2-3). Las lesiones son menos visibles que en el anterior caso. Se producen por roces y golpes con las paredes del cráneo (contragolpes).

- Traumatismo Craneoencefálico abierto. Cuando se produce la rotura del cráneo (duramadre) a causa de una fuerza externa (ver Figura 2-4). Se produce una lesión muy focalizada, viéndose afectada la zona dañada y sus funciones asociadas. Resulta habitual la aparición de focos epilépticos tras este tipo de lesión.

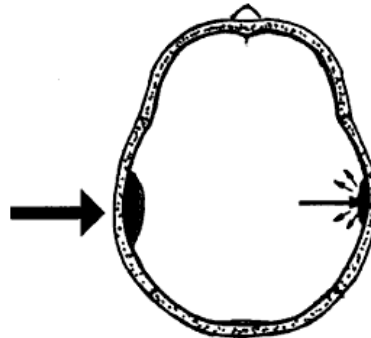


Figura 2-3: Mecanismo lineal golpe-contragolpe
(fuente [10])

Como muestra la Figura 2-3, en ciertas ocasiones las lesiones del cerebro no se producen en la misma zona donde ha sido golpeado el cráneo. Esto es debido a que cuando se produce un golpe de esta naturaleza el cerebro es sometido a fuerzas contrapuestas que pueden hacerle moverse dentro del cráneo, golpeándolo contra las paredes opuestas y llegando a dañar las estructuras bajo-corticales, fundamentales para el desarrollo de las funciones del cerebro.

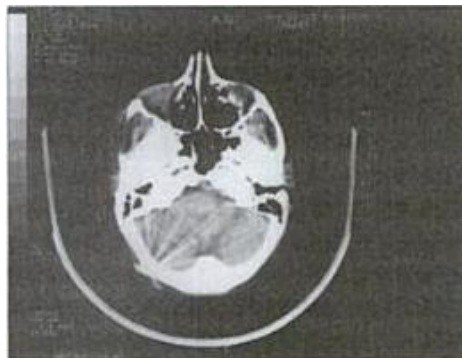


Figura 2-4: TAC de lesión abierta
(fuente [10])

Es habitual muchas veces el hablar de contusiones o conmociones cerebrales en lugar de TCE. Si atendemos a [10] podremos distinguirlas entre ellas:

- Contusión cerebral. Es fácil localizar el lugar o lugares donde se ha producido la lesión en el cerebro. Posiblemente la persona afectada por una contusión cerebral sufrirá posteriormente ataques de epilepsia.
- Conmoción cerebral. Es difícil encontrar exactamente el lugar específico donde se produce la lesión cerebral. Como posibles secuelas inmediatas es frecuente la aparición de estados de pérdida de conciencia momentáneos aunque no duraderos en el tiempo.

A la hora de identificar un TCE es necesario detectar una serie de características muy comunes en estos casos de daño cerebral, tales como:

- Por lo general, causa una pérdida en las funciones cognitivas del cerebro y en el comportamiento afectivo y social del afectado
- Es provocado por un golpe en la cabeza, ya sea de forma directa o indirecta

- Frecuentemente causa una pérdida de consciencia de mayor o menos duración dependiendo del área del cerebro afectada y la gravedad de la lesión, pudiendo provocar otros síntomas como cefaleas, vómitos,...
- Además de las alteraciones físicas, los afectados por un Traumatismo Craneoencefálico padecen también secuelas mentales y de su personalidad, variando en cada paciente según la zona del cerebro afectada y el grado de lesión causado
- Existe una amplia diversidad en cuanto al tratamiento de los pacientes por la graduación de la gravedad de las lesiones y las zonas del cerebro afectadas. Aun así, presentan características comunes tales como alteraciones cognitivas como trastornos en la capacidad de memoria y aprendizaje, incapacidad para la resolución de problemas o para la planificación, déficit de atención y dificultad para comunicarse. En cuanto a las alteraciones físicas destacan las alteraciones del aparato locomotor y de los sentidos.

Los afectados por DCS necesitan de un proceso de rehabilitación, tanto funcional como social, para recuperar la calidad de vida perdida. Dicho proceso de rehabilitación constituye un re-aprendizaje, resultando una pieza importante en el proceso de integración socio-laboral del afectado.

Para llevar a cabo dicho re-aprendizaje son cada día más variadas las tecnologías que lo apoyan, permitiendo la interacción entre el afectado por DCS y el ordenador para llevar a cabo la realización de algún tipo de actividad de rehabilitación. Así, en [11] se muestran una serie de experiencias con afectados de DCS con diferente afectación motórica y cognitiva en las que se hace uso de una webcam para interactuar con la interfaz gráfica del software de rehabilitación, bien a través del llamado “ratón facial” o del “UII de color”, que permiten controlar el puntero del ratón y emular la pulsación de los botones simplemente con las imágenes que la cámara capta del afectado y con el apoyo de software de visión artificial. Existen otras soluciones basadas en artefactos hardware que el usuario debe utilizar como por ejemplo gafas especiales como las que se pueden ver en la Figura 2-5, guantes o cualquier otro añadido que minoran el factor comodidad.



Figura 2-5: EyeCan de Samsung

Ejemplos de actividades que los afectados realizan en su proceso de rehabilitación y que son compatibles con el uso de las tecnologías antes mencionadas son la identificación de diferencias entre imágenes o formas, el dibujo de trazos a partir de un dibujo de muestra, la asociación de imágenes/dibujos a palabras, etc.

2.2.1.2 Consecuencias del Daño Cerebral Sobrevenido

En este apartado se explican las consecuencias que tiene el estar afectado por un DCS, es decir, en qué afecta a las personas que lo sufren por alguna de sus causas.

El alcance que tiene el hecho de sufrir un DCS depende en gran medida de los factores que lo provoquen y de las características de cada persona, llegándose como ya digo en el punto anterior a sufrir distintos niveles de gravedad ante el mismo contexto y situación pudiendo sufrir alteraciones en diversas dimensiones del comportamiento.

Así, dichas dimensiones pueden ser:

- Cognitiva (intelectual): Relacionada con el conocimiento y el aprendizaje. Los afectados suelen presentar problemas a la hora de atender, concentrarse o memorizar la información, resultándoles difícil fijarla. También presentan problemas de falta de iniciativa al resolver cualquier situación de la vida diaria. Otra consecuencia más de esta dimensión es la posible dificultad para comunicarse con los demás, lo que puede provocar un problema de adaptación al entorno. Todo esto puede conllevar lagunas en el plano de la organización de la información.
- Social: El estado en que queda el afectado suele conllevar una disminución de su autonomía para realizar las cosas, lo cual puede hacer que el afectado se sienta poco útil para la sociedad o no valorado, sobre todo piensan eso por la imposibilidad de volver a su estado anterior de actividad, ya fuera laboral o escolar. Dicha imposibilidad va a depender del tiempo que haya estado apartado de su entorno laboral o escolar. En casos en que no ha sido muy extenso, puede producirse una reorientación escolar o reubicación laboral, dependiendo del nivel de afección intelectual. En casos de extensos periodos apartados de su entorno se hace muy difícil su regreso ya que, son pocos los centros escolares preparados para atenderlos y menos aún las empresas implicadas y adaptadas. Los afectados de DCS suelen presentar cambios de su personalidad después del accidente, por lo que normalmente las personas que les rodean suelen rechazarles o no comprenderles por esos cambios de personalidad. Esto provoca más aún que los afectados se vean apartados de la sociedad y pueda ser bastante imposible cualquier relación estable con una pareja.
- Afectiva: Está relacionada con las emociones que pueden sentir los afectados. Es de comprender que el órgano afectado es el cerebro y es éste el encargado de ellas. La alteración de esta dimensión presentan habitualmente comportamientos infantiles y cambios de humor sin algún motivo que pueda explicarlos.
- Física: Suele ser la dimensión más usualmente afectada como consecuencia de un DCS. Normalmente afecta al aparato locomotor y a los sentidos, disminuyendo, perdiendo o incluso percibiendo falsas sensaciones con alguno de ellos. Dependiendo de las causas y de la zona afectada pueden llegar a sufrir hemiplejias temporales o permanentes. Otra de las consecuencias de las personas cuya dimensión física resulta afectada es la afección al lenguaje, siendo en muchos casos difícil la expresión de éste. En esta dimensión también suelen producirse fracturas en el cráneo, cicatrices, deformaciones o incluso mareos y dolores de cabeza agudos.
- Familiar: La afectación de las dimensiones física e intelectual provoca en los pacientes una dependencia casi total de las personas que les rodean, que como ya se ha dicho en la dimensión social, pueden llegar a rechazarlos por su incomprensión ante el comportamiento de este tipo de afectados. Por lo que suele recaer en los familiares más directos el cuidado de los afectados y el apoyo en su regreso a la vida cotidiana y en el proceso de rehabilitación. Debido a esa necesidad de apoyo y cuidados constantes se provoca cansancio, estrés e incluso un empeoramiento en la calidad de vida del familiar a su cargo.

Al contrario de lo que podamos llegar a pensar, las lesiones cerebrales son más frecuentes de lo que parece. Se trata de una enfermedad “escondida”, cuyos datos pueden no coincidir con lo que apreciemos a simple vista en la vida real precisamente porque el grado de afección física y/o cognitiva encierran al afectado en su hogar, solo dejándolo en sus salidas al centro de rehabilitación, en aquellos casos que puedan acceder a ella.

A través de [12] se pueden obtener una serie de datos que reflejan claramente la situación actual hasta el año 2009 en cuanto a hospitalizaciones de cualquier tipo, obtenidos a partir de la clasificación internacional de enfermedades CIE-9, publicada por la Organización Mundial de la Salud en 1977 y la cual puede consultarse electrónicamente en [13].

Daño Cerebral Sobrevenido en CLM					2005	2006	2007	2008	2009
7-ENFERMEDADES DEL SISTEMA CIRCULATORIO	431-HEMORRAGIA INTRACEREBRAL	Casos	CASTILLA - LA MANCHA		602	556	542	545	543
		Casos por 10000 hab.	CASTILLA - LA MANCHA		3,21	2,91	2,78	2,72	2,66
	434-OCCLUSION DE ARTERIAS CEREBRALES	Casos	CASTILLA - LA MANCHA		2.126	2.366	2.557	2.653	2.695
		Casos por 10000 hab.	CASTILLA - LA MANCHA		11,34	12,39	13,10	13,25	13,23
17-LESIONES Y ENVENENAMIENTOS	854-LESION INTRACRANEAL DE OTRO TIPO Y DE TIPO N.E.O.M.	Casos	CASTILLA - LA MANCHA		102	68	63	76	81
		Casos por 10000 hab.	CASTILLA - LA MANCHA		0,54	0,36	0,32	0,38	0,40

Figura 2-6: Daño Cerebral Sobrevenido en Castilla-La Mancha , 2005-2009, CMBD-H (Conjunto Mínimo Básico de Datos-Hospitalización, Sistema Nacional de Salud)

Como se observa en la Figura 2-6, a pesar de que se aprecie una mejoría del año 2005 al 2006 en cuanto al número de casos por cada 10000 habitantes en lo que se refiere tanto a hemorragias cerebrales como a lesiones intracraneales, la realidad es que el número de casos de DCS ha ido aumentando progresivamente hasta un valor de 16,023 casos por cada 10000 habitantes a causa de la influencia de las oclusiones de arterias cerebrales, un tipo de ACV desgraciadamente muy frecuente.

En el caso de las lesiones cerebrales producidas por ACV, éstas aumentan su incidencia con la edad de la población. Concretamente, a edades altas la lesión cerebral interna que más incidencia tiene es el infarto cerebral, que comienza a aumentar su incidencia a los 50 años, alcanzando su pico en los 80 años. El origen de este tipo de lesión viene muchas veces ligado a factores de riesgo como pueden ser el tabaco, la tensión arterial alta, un alto nivel de colesterol o un consumo excesivo de alcohol. En el caso de las lesiones cerebrales de origen externo como puede ser un TCE también podemos decir que su índice de incidencia es bastante alto. En este caso, no existe un rango de edad que podamos identificar como de riesgo para sufrir un TCE, pero sí cabe mencionar que el mayor nivel de incidencia ocurre en las personas de 18 años, ampliando el rango de edad con cierta probabilidad de sufrir estas lesiones entre los 15 y los 29 años. Dicho colectivo resulta ser el que más movilidad presenta, ya sea a través del deporte, los juegos o viajes de ocio y tiempo libre, pudiendo éstos provocar accidentes de circulación, causados por el exceso de alcohol o la imprudencia de no utilizar el cinturón de seguridad. Así mismo también se nota un aumento de la incidencia en personas mayores (más de 75 años) por sus caídas a causa de su debilidad y en niños hasta 5 años, provocado por las caídas sufridas al cabo del día por su incapacidad de control como se puede apreciar en el gráfico de la Figura 2-7, generado a partir de los datos proporcionados por [12].

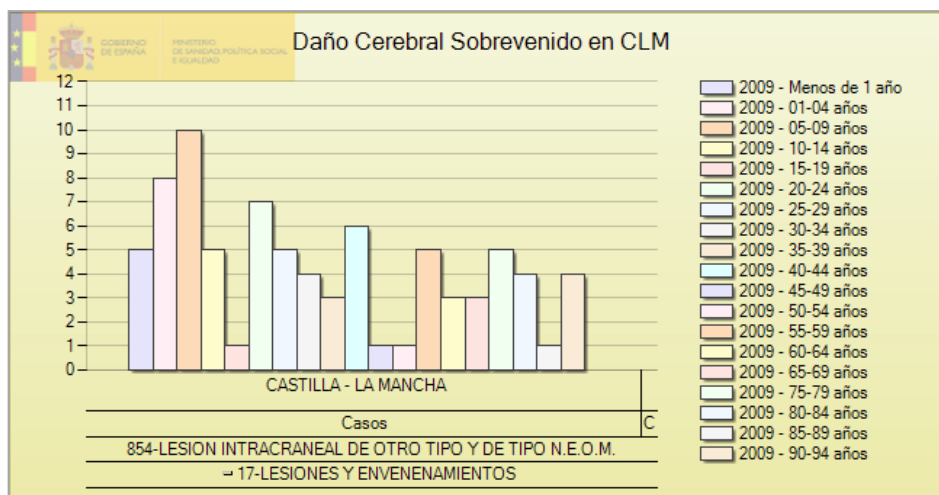


Figura 2-7: Incidencia de lesión intracraneal por edades en Castilla-La Mancha, 2009, CMBD-H (Conjunto Mínimo Básico de Datos-Hospitalización, Sistema Nacional de Salud)

Con lo que se puede concluir que el número de casos por Daño Cerebral Sobrevenido aumenta progresivamente con el paso de los años, en cierta parte por la acentuación de la influencia de los factores que se comentan en el apartado 2.2.1.1.

2.2.2 Tratamiento de afectados con Daño Cerebral Sobrevenido

Con las múltiples investigaciones que se han llevado a cabo en este campo, está más que demostrado que las células cerebrales no pueden regenerarse por sí mismas pero sí que se han podido aislar y cultivar células que expresan la misma proteína que células troncales del cerebro [14], estando esta investigación aún en sus primeros pasos. Por lo tanto, algunas de las capacidades y funciones de las personas afectadas por un DCS pueden perderse por completo para siempre mientras no se lleve a cabo esa regeneración.

Hasta ese momento que la regeneración neuronal sea una vía factible, está probado que la realización de un proceso de rehabilitación resulta efectiva para la recuperación parcial de las funciones perdidas. Según una hipótesis, este proceso de rehabilitación estimula al cerebro en la creación de una sustancia llamada trófica, la cual ayuda en la reconstrucción de algunas neuronas, aunque también se generan sustancias tóxicas (malas). Por lo tanto, un buen proceso de rehabilitación será aquel que produzca la mayor cantidad de sustancias tróficas.

La atención a los afectados ha de realizarse de manera organizada y concienciada, dado que el proceso de recuperación puede llegar a ser bastante largo en algunos casos. El ánimo de los cuidadores, sobre todo los del propio entorno familiar, es un elemento esencial en el proceso de recuperación, ya que los afectados actuarán en consecuencia a lo que vean en sus cuidadores. Es sabido que en procesos de recuperación largos y de lento progreso el ánimo y motivación de los cuidadores puede sufrir una caída. Este cuidado suele realizarse por una persona de la familia más directa, dado que por motivos laborales o personales el grupo implicado se va haciendo más pequeño. La centralización del cuidado en una sola persona causa un excesivo cansancio y estrés que pueden provocar una pérdida del control en alguna ocasión, cosa que en la medida de lo posible ha de procurarse que ocurra fuera de la vista del afectado para evitar profundizar su sentimiento de inutilidad y carga a los demás. De hecho no sólo suele producirse un aislamiento social del afectado. También de la persona que lo cuida por la gran implicación que exige.

La motivación al afectado ha de realizarse de manera constante para evitar el abandono de la rehabilitación y el alargamiento del proceso de recuperación, sobre todo en aquellos afectados que sufren el llamado *agujero negro*, usualmente provenientes de Traumatismos

Craneoencefálicos, caracterizados porque no recuerdan nada de la causa que provocó el daño cerebral, lo cual aumenta en ellos su frustración y sentimiento de culpa en aquellos casos que averiguan que fueron los causantes del accidente y provocaron víctimas.

Dicha motivación ha de mantenerse hasta que se considere satisfactorio el proceso de rehabilitación, lo cual se producirá cuando el afectado se haya integrado en la vida social, independientemente de si ha conseguido recuperar todas las funciones cerebrales.

Es necesaria la colaboración de su entorno para evitar que los constantes cambios de humor y las posibles situaciones de irritabilidad que se darán en el afectado mermen su ánimo y conduzcan a una depresión que lo sumirá aún más en el aislamiento y agravamiento de sus capacidades por el abandono del proceso de rehabilitación.

2.2.2.1 Rehabilitación de afectados de Daño Cerebral Sobrevenido

El proceso de rehabilitación influye en gran medida en la calidad de vida y en el grado de vuelta a la normalidad que se alcanzará después de sufrir un Daño Cerebral Sobrevenido. Hemos de recordar que no es una enfermedad focalizada en un grupo concreto de individuos, que no conoce de clases sociales, sexos o edades.

La rapidez en la actuación después de que se produzca la lesión proporciona dos ventajas importantes: la supervivencia del afectado y el aumento del grado de recuperación de las funciones y facultades perdidas o deterioradas. Por lo tanto, el proceso de rehabilitación debe adecuarse lo más específicamente posible a cada afectado y debe comenzar en cuanto el afectado sea capaz de ello [15].

A pesar de dicha urgencia, existe una paradoja entre la teoría y la práctica en cuanto a la rehabilitación de los afectados por DCS. Desgraciadamente existe una gran brecha entre afectados que, por motivos económicos o por la ubicación geográfica en la que residen, disponen de la más avanzada tecnología y técnicas pioneras, mientras que otros se pueden ver desamparados ante por la escasez de innovación en el centro hospitalario que se encarga de su rehabilitación. El proceso de rehabilitación por el momento es un proceso costoso económicamente y para el que todavía existe un número reducido de plazas disponibles. También dicha urgencia puede verse truncada por la incapacidad de acceder a los recursos por falta de información, ya sea a través de mediadores sociales o desde el propio centro hospitalario donde ingresó.

El proceso de rehabilitación no acaba en el centro hospitalario o clínica de rehabilitación. Ha de realizarse en el entorno social del afectado un proceso de rehabilitación de sus habilidades sociales y de su capacidad de auto-organización, además de las propias actividades encaminadas al desarrollo de las facetas cognitivas, emotivas y físicas que complementarán la rehabilitación llevada a cabo en la clínica durante todo el periodo de rehabilitación. Esta etapa de rehabilitación en el entorno social correrá a cargo de algún familiar cercano del propio afectado, el cual causará un proceso de desgaste en las calidades de vida tanto de su cuidador más directo como de su entorno familiar, que será aquel con el que establezca relación directa. Ese desgaste se producirá como consecuencia de las continuas atenciones que necesita y el ritmo de recuperación que pueda tener. Ese ritmo no dependerá única y exclusivamente de la naturaleza de las lesiones. También influirá en él la propia personalidad del afectado, el cual podrá hacer que se reduzca o incremente.

Resumiendo, el proceso de rehabilitación de un afectado por Daño Cerebral Sobrevenido consistirá en las siguientes etapas:

- Tratamiento médico, en el centro hospitalario donde ingresa tras sufrir la lesión

- Readaptación funcional, en el propio centro hospitalario y/o en una clínica de rehabilitación
- Integración social y regreso a la actividad, en su entorno socio-familiar
- Mantenimiento de la integración social, en su entorno socio-familiar

2.2.2.2 Tecnología aplicada a la rehabilitación

El uso de las nuevas tecnologías en la rehabilitación cognitiva es capaz de mejorar el desarrollo de ciertas funciones de comportamiento cognitivo que, o bien habían desaparecido o bien estaban bastante deterioradas. Una de las razones es la diversidad en cuanto a actividades y recursos que pueden llevarse a cabo a través de su utilización. Otra razón es que para afectados de edades más tempranas o juveniles se ven mucho más motivados al tratar con una herramienta que les resulta más familiar y cotidiana aunque cada día se hace más evidente que la brecha digital se está reduciendo, resultando igual de motivador para edades más avanzadas si se saben acercar las TIC a ellos. La posibilidad de evitar el desplazamiento a la clínica de rehabilitación al afectado y a su acompañante también es un aspecto a tener en cuenta. El proceso de rehabilitación acaba produciendo un cansancio tanto en el afectado como en su cuidador por la necesidad de desplazarse para llevarla a cabo. El uso de las TIC permite la virtualización del proceso manteniendo o incluso mejorando los resultados. Si buscáramos más razones por las cuales usar la tecnología en el proceso de rehabilitación podríamos encontrar muchas más.

A pesar de las bondades que presenta la aplicación de las TIC en la rehabilitación cognitiva es todavía muy reducido el número de herramientas software dedicadas a ello, siendo la mayoría de ellas derivadas de proyectos de investigación por parte de alguna institución. A continuación se describen brevemente las herramientas disponibles para la rehabilitación de DCS.

HABITAT v2.0 [16], es una herramienta cuyo origen fue el desarrollo de un proyecto final de carrera junto con el Departamento de Sistemas Informáticos de la Escuela Superior de Ingeniería Informática de la UCLM y con una andadura ya de 5 años. Esta herramienta permite la realización de actividades por parte de los afectados y el control y seguimiento por parte de los especialistas, la cual se puede ver en la Figura 2-8.

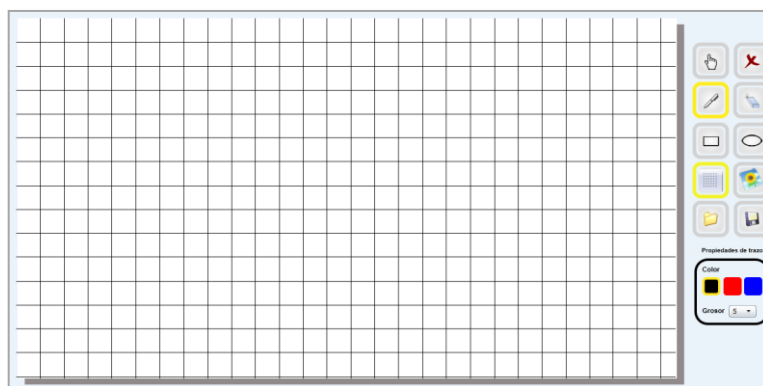


Figura 2-8: HABITAT v2.0 – Especialista: diseño de propuesta de trazo para dibujo

Características que la hacen potencialmente mejor que otras muchas herramientas existentes es su reciente desarrollo, por lo que en su especificación se ha tenido en cuenta la tecnología contemporánea, y que está encaminada a la tele-rehabilitación, o por lo menos se ha previsto entre sus objetivos ya que está en fase de desarrollo. Ha podido ser probada con afectados en la sede que la asociación ADACE CLM tiene en Albacete en la que mostraron su satisfacción

tanto afectados como terapeutas. En dicha sesión de prueba se utilizó una pantalla multitáctil como dispositivo apuntador

La herramienta HABITAT v2.0 es capaz de proporcionar soporte en la rehabilitación de personas con déficit cognitivo o intelectual, concretamente a personas que han visto dañadas su memoria, su atención, su lenguaje, su capacidad de cálculo, la función ejecutiva, habilidades visioespaciales o visioconstructivas, gnosias, praxias o el sentido de la orientación. Además del déficit cognitivo o intelectual también ofrece soporte para la rehabilitación de personas con alteraciones conductuales y/o emocionales.

En el caso de los especialistas las actividades interactivas que éstos pueden llevar a cabo con la herramienta están encaminadas a la gestión de los usuarios con los que los afectados podrán utilizar la herramienta, como pueden ser sus datos personales, las actividades de rehabilitación que se les asignan en cada caso, los resultados que obtienen en la realización de éstas, así como la obtención de estadísticas que indiquen la efectividad del proceso de rehabilitación o el grado de estrés que un afectado está sufriendo en su rehabilitación. De igual forma, los especialistas también tienen la capacidad de gestionar las actividades a través de la herramienta, pudiendo crear actividades (Figura 2-8: HABITAT v2.0 – Especialista), asignarlas a los afectados y gestionarlas.

Otra herramienta software similar a la anterior en la que se integra tanto realización de actividades como seguimiento por parte de los especialistas y que también está encaminada a la tele-rehabilitación es *PREVIRNEC* [17], la cual se puede ver en la Figura 2-9. También ha sido desarrollada a través de una universidad, la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) en unión con el Instituto Guttmann, hospital de tratamiento y rehabilitación de personas afectadas por DCS e instituto universitario dependiente de esta misma universidad. Es utilizada con afectados en las distintas instituciones que colaboran en su desarrollo y en el Centro Estatal de Atención al daño Cerebral del IMSERSO, por lo que está consolidada. Está basada en realidad virtual, construyendo escenarios en los que el afectado aprende actividades cotidianas. Ofrece al terapeuta la posibilidad de elaborar planes terapéuticos personalizados y, de forma automática, instaurar programas de rehabilitación intensiva durante el periodo de tiempo necesario, monitorizar los resultados y adecuar el nivel de dificultad de cada tarea en función del rendimiento. El abanico de actividades que pueden realizar los afectados con esta herramienta es más amplio y variado que el de HABITAT v2.0, algo razonable si se tiene en cuenta que el proyecto PREVIRNEC cuenta ya con 9 años de andadura, siendo comercializada profesionalmente, aunque cubriendo solo aquellos déficits de grado leve. Estas actividades pueden plantearse tanto en 2 dimensiones como en 3D, apoyadas por la realidad virtual, siendo compatible su acceso con Internet y con la TDT. La interacción en las actividades de rehabilitación se puede realizar mediante cualquier dispositivo apuntador, entre ellos aquellos relacionados con la realidad virtual.

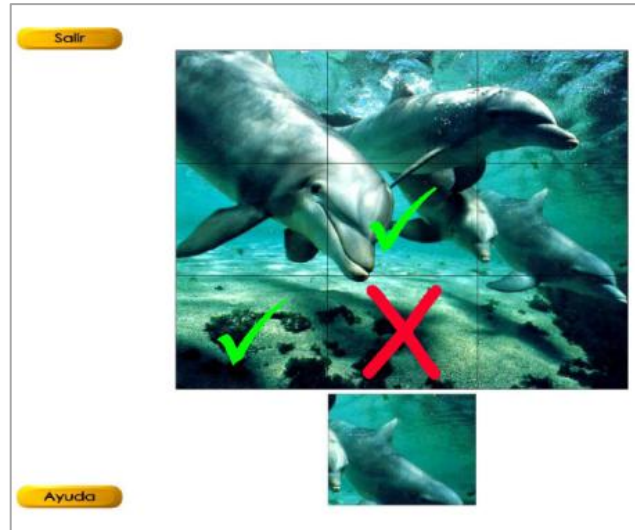


Figura 2-9: PREVIRNEC - Realización de actividad puzzle

La empresa riojana NeuronUp (Figura 2-10) también ha desarrollado una herramienta software basada en la nube [18], por lo que permite la tele-rehabilitación, con el mismo nombre que la empresa, la cual dispone de una amplia variedad de actividades (más de 6000), simuladores de tareas del mundo real y gestores de contenidos para el tratamiento de personas afectadas por Daño Cerebral Sobrevenido o por el envejecimiento positivo (déficits cognitivos provocados por el envejecimiento normal), pudiendo interaccionar a través del ordenador, de una pantalla táctil o incluso con lápiz y papel. Ofrece la posibilidad de ejecutarla en diversos dispositivos portables como PDA's o smartphones mediante aplicaciones en diversos sistemas operativos, permitiendo una amplia flexibilidad a los especialistas. Se trata de un proyecto innovador que integra actividades graduadas en dificultad, distinguiendo entre población infantil y adulta. Las áreas que es capaz de tratar en los afectados comprenden las funciones cognitivas básicas (atención, percepción, memoria, lenguaje, praxias y funciones ejecutivas), habilidades y competencias sociales y la regulación emocional. Al igual que las anteriores, dispone de un servicio de gestión de afectados por parte de los especialistas, aunque la información existente respecto a esta parte es prácticamente nula. De momento está en periodo de pruebas pero todo apunta en que se convertirá en una herramienta a tener en cuenta en la rehabilitación cognitiva ya que pretenden expandirse en varios países aunque el principal problema es su coste.



Figura 2-10: NeuronUp – Presentación

RehaCom [19], con una experiencia de 25 años, desarrollado en Alemania por informáticos y neuropsicólogos, ha llegado a ser una de las herramientas más utilizadas en toda Europa en la

rehabilitación de afectados por Daño Cerebral Sobrevenido, para lo cual dispone de actividades pre-configuradas que servirán como ejercicios de rehabilitación para los afectados, estimulando funciones cognitivas como la atención, la concentración, el razonamiento lógico, la planificación y solución de problemas, la memoria, el comportamiento reactivo, las capacidades visiomotoras y visioconstructivas y la percepción visual integradas en módulos independientes que pueden ser adquiridos por separado. También dispone de una zona de control y seguimiento (Figura 2-12) habilitada para los especialistas, con la que controlan y gestionan las actividades. La herramienta es también accesible desde web, lo que permite la tele-rehabilitación. La interacción se lleva a cabo a través de una consola o panel especial (Figura 2-11), compuesto por botones y un pequeño joystick, a través del teclado, del ratón o de una pantalla multitáctil.

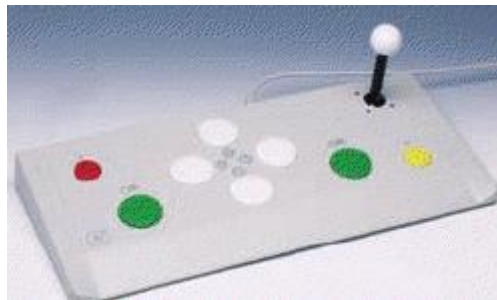


Figura 2-11: Panel de interacción para Rehacom

Esta herramienta permite a los especialistas gestionar los datos de los afectados, administrar los programas de aprendizaje personalizados de éstos y visualizar los resultados obtenidos en las actividades por los afectados a través de gráficas que muestran el nivel de dificultad alcanzado en cada sesión.



Figura 2-12: RehaCom - Gestión de actividades por el especialista

La herramienta *Indigo* [20] se basa en la simulación de un tablero típico de los juegos de mesa, diseñado con la colaboración de especialistas, donde se presentan los 10 juegos o actividades (Figura 2-13) de los que dispone, muy escasos comparados con las demás herramientas, de los cuales *“algunos de ellos se utilizan para realizar terapia y otros para evaluar las mejoras de las capacidades cognitivas de los afectados”* [21]. El hecho de presentar la herramienta como una metáfora de juegos reduce la ansiedad que provocan las herramientas software de rehabilitación a los afectados. La interfaz es sencilla, a pantalla completa, sin ventanas, las cuales llegan a ocultar información y a complicar el manejo a los afectados por daño cerebral, con gráficos simples. No utiliza barra de menús que exige que el usuario recuerde dónde se encuentra una opción. Oculta los controles que en un momento dado no se pueden utilizar

para no confundir. Se utiliza como dispositivo señalador el ratón, permitiendo la utilización del teclado a aquellos afectados con deficiencias motoras que no pueden utilizar el ratón, bastando uno u otro para controlar completamente la herramienta. Ofrece feedback y ayuda a través de sonidos e incluso mensajes hablados, incluso al mismo tiempo que los mostrados en pantalla, para reforzar al afectado en la realización de la actividad. Las áreas cognitivas que es capaz de rehabilitar son la memoria, la atención y la concentración, las funciones ejecutivas y el razonamiento, la percepción y las habilidades del lenguaje.

Consta de una parte dedicada a los especialistas o terapeutas a través de la cual realizan el control y el seguimiento de los afectados, aunque éste es bastante simple, consistiendo únicamente en la obtención de los resultados por cada ejecución de los ejercicios y almacenados en archivos con formato separado por comas, entendibles por Microsoft Excel. No dispone de asignación personalizada de tareas. La asignación consiste en la configuración de la actividad (opciones de almacenado y visualización de puntuaciones, repeticiones) por parte del especialista y la posterior realización por el afectado.

El desarrollo original proviene de la investigación llevada a cabo para un máster en la universidad de Victoria, en Canadá. No permite la tele-rehabilitación.

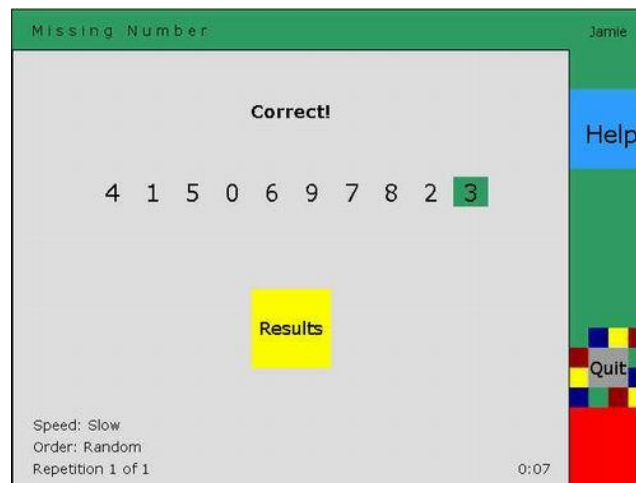


Figura 2-13: Indigo - Actividad de búsqueda del número que falta

Smartbrain [22] cuenta con una andadura de 15 años. Fue desarrollada por la empresa Educamigos s.L., dedicada al desarrollo de programas multimedia e interactivos para la adquisición y práctica de las capacidades cognitivas y de habilidades en niños, con el asesoramiento científico de la Fundación ACE (Instituto Catalán de Neurociencias aplicadas), dedicada al tratamiento del Alzheimer, por lo que esta herramienta principalmente está focalizada en la rehabilitación de afectados por esta enfermedad aunque también se utiliza para afectados por daño cerebral de otros tipos. Está diseñado para desarrollar y potenciar la memoria, la atención, el lenguaje, la capacidad de cálculo, el reconocimiento, la orientación y el desarrollo de las funciones ejecutivas. *Smartbrain* es una suite compuesta por una parte de juegos para todas las edades y personas sanas que notan una reducción del rendimiento cognitivo, que permiten el entrenamiento de la mente. Y otra parte más específica dedicada al uso terapéutico con afectados por Daño Cerebral Sobrevenido en sus diversos tipos, permitiendo la realización de rehabilitación cognitiva, probada científicamente y reconocida internacionalmente. Al igual que los anteriores, consta de una parte de seguimiento y control por parte de los especialistas y/o cuidadores, desde la que se pueden configurar las características que tendrá la sesión personalizada del afectado como pueden ser el grado de dificultad, el número de ejercicios para cada actividad, el idioma, el tiempo de trabajo, etc., y

una parte de realización de actividades por el afectado basadas en instrucciones habladas que el afectado tendrá que contestar interactuando con la aplicación a través de cualquier dispositivo señalador (ratón, pantalla multitáctil,...) (Figura 2-14). La aplicación es capaz de ejecutarse en un ordenador, un televisor, un Smartphone o una consola con acceso a Internet, permitiendo la tele-rehabilitación.



Figura 2-14: SmartBrain - Actividad de reconocimiento

La herramienta *Comprender y Transformar-L* [23] desarrollada por la Universidad de Sevilla para la rehabilitación cognitiva severa, se estructura de la misma forma que las anteriores herramientas, es decir, una parte de usuario para la realización de las actividades de rehabilitación y otra parte de especialista (Figura 2-15) para la gestión de los afectados y de las actividades y para el seguimiento de la evolución de la rehabilitación y emisión de informes, de los cuales es posible elegir entre cinco tipos distintos. Resulta de importancia la incorporación de utilidades de gestión de la base de datos como la importación y exportación, la compactación y la reparación. Las actividades de rehabilitación pueden configurarse y personalizarse, cubriendo las mismas áreas cognitivas que las anteriores herramientas. La interacción se lleva a cabo a través de una pantalla de visualización de datos y un dispositivo señalador,, ya sea ratón o pantalla multitáctil.

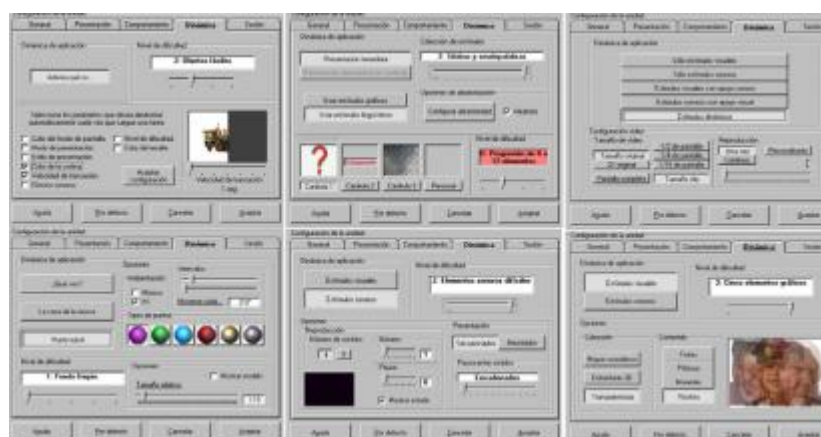


Figura 2-15: CyT-L - Personalización de actividades

Existen otras herramientas software también aplicadas en diversas actividades de rehabilitación pero las cuales no están diseñadas específicamente para su uso en este tipo de tareas o afectados como pueden ser Clic2000 [24] o Gradior [25], el primero orientado al ámbito educativo y el segundo al tratamiento del Alzheimer.

Por lo tanto, se pueden resumir mediante una tabla las características que tiene cada herramienta software presentada, contemplando tanto las áreas que son capaces de rehabilitar como los aspectos de diseño e interacción.

Tabla 2-1: Tabla comparativa de herramientas software de rehabilitación cognitiva

	GA	GI	P	CAE	TR	HA	A				
							M	L	AT	FE	HV
HABITAT v2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PREVIRNEC	X	X	X		X	X	X		X	X	
NeuronUp	X		X		X	X	X	X	X	X	X
Rehacom	X	X	X		X	X	X		X	X	X
Indigo	X	X					X	X	X	X	X
SmartBrain	X		X		X	X	X	X	X	X	X
CyT-L	X	X	X				X	X	X	X	X

GA: Gestión de afectados GI: Generación de informes P: Planificación CAE: Comunicación entre afectados y especialistas TR: Tele-rehabilitación HA: Herramientas de autorización AR: Áreas cognitivas que rehabilita – M, memoria – L, lenguaje – AT, atención – FE, función ejecutiva – HV, habilidades visioespaciales

Tal y como se puede apreciar en la tabla anterior, Habitat es la única herramienta que proporciona soporte a cada una de las áreas de rehabilitación cognitiva. Ello motivó su elección para realizar una evaluación más exhaustiva de la misma a fin de determinar su idoneidad en el contexto de este trabajo fin de máster.

2.2.2.3 Evaluación de HABITAT

Dado que el contexto de este trabajo fin de máster es el soporte al re-aprendizaje de personas afectadas por DCS, parte de los esfuerzos en su realización se centraron en evaluar una aplicación software que además de cumplir con los requisitos, estuviera probada y validada por los propios afectados por DCS y especialistas, comprobando así el logro de requisitos tanto funcionales como no funcionales.

En este sentido, la primera cuestión relacionada con la evaluación que surgió estuvo relacionada con la identificación del factor o factores de calidad más apropiados para realizar la evaluación. La calidad en uso fue el factor elegido, en función del alcance y definición del mismo y de que se centra en una característica especialmente interesante para nosotros; la calidad de la interacción ISO/IEC 25010:2011 [26] (véase Figura 2-16).



Figura 2-16: Calidad en uso según la ISO/IEC 25010:2011

La evaluación atendiendo a criterios relacionados con la *calidad en uso* [26] ha permitido obtener información sobre cómo de intuitivo resulta un producto software a la hora de su utilización por parte de usuarios finales, siendo sensible a diferentes contextos de utilización. En este caso, los usuarios finales se corresponden tanto con los especialistas, que tendrán que gestionar afectados y actividades, y los propios afectados por DCS, que serán los que utilicen la aplicación software en las sesiones de rehabilitación.

La evaluación por parte de los especialistas se ha llevado a cabo mediante sesiones de test de 15 minutos de duración con un grupo de 6 especialistas neuro-psicólogos sin ninguna experiencia en el manejo de aplicaciones software de gestión de la rehabilitación. En dichas sesiones se propuso la realización de distintas actividades, como fueron, la instalación (Tarea 1), la configuración (Tarea 2) y la puesta en marcha (Tarea 3) de HABITAT. Las métricas utilizadas en la evaluación con especialistas fueron las siguientes: tasa de completitud de las tareas sin asistencia (%) (véase la gráfica izquierda de la Figura 2-17), tasa de objetivos logrados (%), tiempo invertido (en minutos), número de consultas de la ayuda (véase la gráfica central de la Figura 2-17) y resultado del cuestionario SUS [27], cuyo valor fue de 73.

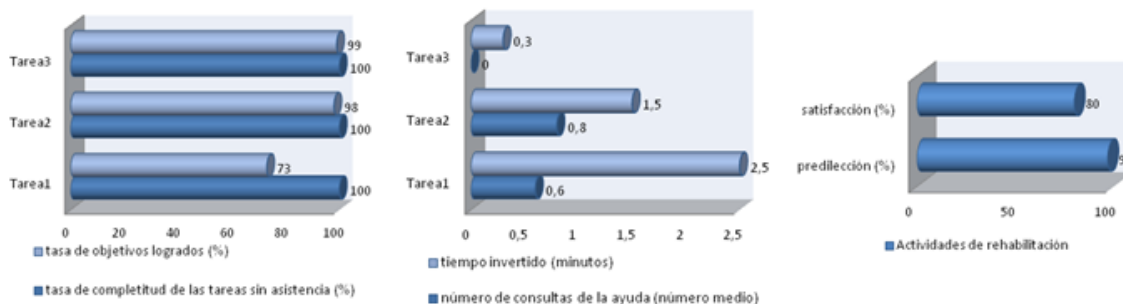


Figura 2-17: Resultados de la evaluación realizada con especialistas

(tasa de completitud de las tareas y número de consultas de la ayuda) y con afectados de DCS (tasa de satisfacción y predilección estimadas)

Paralelamente, la evaluación también quería contar con la opinión de los afectados. Las evaluaciones con los afectados consistieron en trabajar la rehabilitación en varias sesiones también de 15 minutos de duración, con la supervisión de un especialista. En estas sesiones, los afectados pudieron experimentar con HABITAT. En las sesiones de rehabilitación participaron 8 afectados, de los cuales solo 5 de ellos pudieron practicar con la herramienta HABITAT por la limitación de tiempo impuesta por las características de los afectados, los cuales no pueden participar en sesiones demasiado largas puesto que resulta contraproducente por el estrés causado. Se consideró éste número de participantes un número aceptable de usuarios para realizar la evaluación atendiendo a los criterios presentados por Nielsen [28]. La participación en las sesiones de evaluación supuso un reto en sí mismo por diferentes motivos. Entre ellos cabe destacar los siguientes:

- En las sesiones de evaluación se contó con la participación de afectados por DCS clasificados dentro del grupo B [4] (personas de leve a nula afección física y moderada a leve afectación psicológica). Este grupo de afectados fue el elegido por los especialistas. De ellos, 6 eran afectados de Alzheimer (2 de los cuales participaron en la evaluación de HABITAT) y otros 2 eran afectados por accidente cerebro-vascular (sólo 1 de ellos participó en la evaluación).
- Sólo uno de los evaluadores estuvo presente durante las sesiones de evaluación. Dicho evaluador contaba con la confianza de los afectados y su presencia no imponía rechazo ni condicionaba los resultados de los afectados en las actividades.
- La actividad del evaluador en las sesiones de evaluación se limitó a presenciar y observar el desarrollo de las mismas.
- A diferencia de los especialistas, la evaluación de HABITAT con los afectados no estuvo dictada por aspectos relacionados con la efectividad sino con la satisfacción y la predilección.
- El acceso a y la disponibilidad de los afectados es limitado y aunque los afectados que realizaron la evaluación estaban clasificados dentro del grupo B, no presentaban todos las mismas características personales en términos de afección.

La evaluación trató de ser un proceso invisible. No tiene sentido utilizar cuestionarios de satisfacción para evaluar el grado de usabilidad por parte de los afectados puesto que por sus características poseen carencias cognitivas que los hacen inapropiados para recabar este tipo de información, por lo que el nivel de satisfacción de los afectados fue estimado por el especialista mediante observación del comportamiento a tenor del conocimiento que dicho especialista tenía de cada afectado. La predilección se evaluó ofreciendo a los afectados la posibilidad de hacer las actividades de rehabilitación utilizando técnicas tradicionales y la herramienta HABITAT. En la Figura 2-17 (gráfica derecha) se representa, en porcentaje, el valor obtenido para la satisfacción y la predilección de los afectados por DCS. Como se puede apreciar los resultados muestran un alto grado de satisfacción y predilección por parte de los usuarios por lo que se determinó que HABITAT era la herramienta a ser utilizada por el ulterior desarrollo de la tesis enunciada en el Capítulo 4.

2.3 Nuevas técnicas de interacción

El mundo de las interfaces de usuario se ha ajustado a lo largo de la historia a las necesidades de los usuarios y al progreso la tecnología. Actualmente existen nuevas formas de interacción, tanto software como hardware, que ofrecen a los diseñadores de interfaces los recursos necesarios para diseñar interfaces de usuario adecuadas para la rehabilitación de personas afectadas por DCS. En este apartado se hace un repaso de las nuevas tendencias en interfaces de usuario, centrándonos en aquellas que mayor potencial de aplicación tienen en el terreno de la rehabilitación de personas afectadas por DCS.

2.3.1 Nuevas interfaces

En la actualidad las interfaces han sufrido un cambio bastante importante, tanto en lo que se refiere a software como a hardware. En este apartado se hace una revisión de la situación actual de las interfaces de usuario contemplando las nuevas técnicas de interacción y computación, tanto en el campo del software como de los dispositivos hardware utilizados.

2.3.1.1 Técnicas software

De las dos partes bien diferenciadas que intervienen en una interfaz de usuario, la parte software es la que en la actualidad está cobrando mayor importancia debido a que el desarrollo de las nuevas interfaces de usuario tiende hacia la introducción de las interfaces

naturales, es decir, aquellas que aprovechan los movimientos cotidianos que realizan las personas, como desencadenantes de acciones. Es por esto que se comience a dar mayor importancia a la capacidad de cómputo para interpretar dichas acciones que a los propios dispositivos que hacen capaz la detección de los movimientos o estados de ánimo.

A continuación se detallan las principales tendencias software actuales en interacción persona-ordenador junto con algún ejemplo de aplicación.

VISIÓN ARTIFICIAL

Dentro de las tecnologías software que posibilitan el diseño de interfaces de usuario naturales, la visión artificial representa un claro exponente. La visión artificial se considera un campo de la inteligencia artificial consistente en el reconocimiento de ciertos patrones a partir de imágenes estáticas o en movimiento captadas por una cámara en directo, a través de la segmentación y posterior análisis o procesado de dichas imágenes [29]. El resultado del análisis puede utilizarse para distintos fines, como la generación tridimensional de una escena, la estimación de la postura adoptada por el humano que se muestra en las imágenes, la determinación del estado de ánimo de una persona (Figura 2-18), la comprobación de concordancia con imágenes en bases de datos de contenido, etc. Por ello, la relevancia y la utilidad de esta tecnología está más que demostrada.

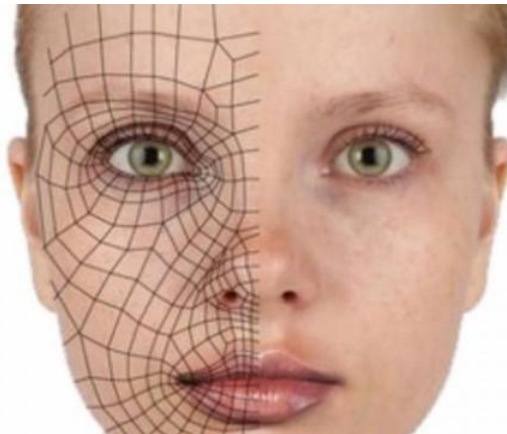


Figura 2-18: Visión artificial. Reconocimiento facial. Segmentación

Son muchos los campos en los que hoy en día se utiliza la visión artificial, como por ejemplo la industria (control de calidad en productos, control de procesos, etc.), la seguridad y la vigilancia de recintos, el control del tráfico o la medicina (incluida la rehabilitación), por citar algunos. La diferencia entre cada uno de ellos es el/los algoritmo/s utilizados para el reconocimiento y procesado de imágenes, de las cuales se analizan parámetros como el brillo o el color.

Un algoritmo de visión artificial debe ser capaz de filtrar la información que se desea extraer, distinguiendo entre relevante e irrelevante, delimitar la zona de interés de la imagen a analizar y llevar a cabo este procesamiento en tiempo real, es decir, con restricciones de tiempo muy elevadas.

Lógicamente, los datos que sirven de entrada al software de visión artificial deben de ser entregados por algún dispositivo, como cámaras de fotos o video o escaneros que se verán en el siguiente apartado. La calidad de estos dispositivos influirá en la efectividad del sistema de visión artificial puesto que la resolución y nitidez de las imágenes a analizar son parámetros a tener en cuenta.

Algunas aplicaciones de la visión artificial en sistemas de control de procesos son [30], para la inspección de placas de circuitos, [31] para controlar la calidad de la madera o [32] para rehabilitar la mano en el que el paciente debe mover un rectángulo para situarlo en la posición marcada.

REALIDAD VIRTUAL

El caso de la realidad virtual también es de gran interés en las nuevas tendencias de desarrollo de interfaces de usuario. A través de esta tecnología se crea un mundo simulado (virtual) mediante un equipo informático (ver Figura 2-19).



Figura 2-19: Generación de modelo 3D de ciudad con Realidad Virtual

La incorporación de la realidad virtual a las interfaces de usuario ha permitido enriquecer la experiencia de uso, incorporando una nueva dimensión a los objetos con los que interactúa el usuario, lo cual hace posible una interacción más realista e intuitiva, siendo los ámbitos de aplicación más comunes el del entrenamiento de personas y los videojuegos.

Para la visualización o interacción de los mundos generados por la realidad virtual en una interfaz de usuario se hace necesaria en muchos casos la utilización de algún dispositivo físico, como pueden ser las gafas que se muestran en la Figura 2-19, guantes dotados con sensores o electrodos u otros tipos de dispositivos.

REALIDAD AUMENTADA

Una tecnología con gran aceptación en el ámbito educativo es la Realidad Aumentada, por muchos erróneamente considerada como parte de la realidad virtual, tecnología consistente en la sustitución de un patrón (código QR) por cualquier tipo de contenido audiovisual, como puede ser un objeto generado con la tecnología Flash, un vídeo, un objeto VRML, etc. A diferencia de la realidad virtual que es inmersiva, en este caso el objeto es superpuesto a la imagen captada en directo por una videocámara (usualmente webcam), adoptando las características de posición e inclinación del patrón en cada instante, usualmente manejado por el usuario. Esta tecnología es realmente útil en la elaboración de actividades educativas interactivas [33].

2.3.1.2 Dispositivos hardware

En las tendencias actuales de interacción en interfaces de usuario se observa un continuo avance hacia la reducción o incluso la completa eliminación de los dispositivos físicos necesarios para poder visualizar o interactuar con ellas. Esta nueva tendencia es conocida con el nombre de “interfaces naturales”, en las que el dispositivo utilizado es el propio cuerpo, con sus movimientos, sus gestos y emociones.

Este tipo de interfaces está muy unido a la visión artificial. Para que nuestro propio cuerpo pueda servir como dispositivo de interacción es necesario que la interfaz de usuario de la aplicación que manejamos disponga de algún mecanismo capaz de reconocer los parámetros naturales de nuestro cuerpo, como posición, giro, gestos, estado de ánimo, etc.

Entre los dispositivos que hacen posible la utilización de las interfaces de forma transparente está Kinect [34], herramienta de Microsoft para su utilización en su consola de juegos Xbox360. Kinect incorpora un sensor de movimiento que permite detectar la posición de cada parte del cuerpo del usuario que se pone en frente, creando un esquema digital del cuerpo basándose en datos de profundidad, de forma que permite la interacción con cualquier aplicación. A partir de estos datos es capaz de crear un perfil del usuario por reconocimiento facial que permitirá reconocerlo la próxima vez que se presente frente a Kinect, recordando datos de progreso.

Kinect dispone de un completo SDK para el desarrollo de aplicaciones que utilicen su sensor, incorporando componentes, APIs y ejemplos que permiten el desarrollo de aplicaciones innovadoras que hacen uso del cuerpo humano como dispositivo de interacción. Es tal la potencia de Kinect que son ya muchos los que han optado por desarrollar sus aplicaciones basándose en su sensor, llegando incluso a sacar su propia SDK [35].

Existen otros casos de interfaces que requieren de dispositivos físicos de interacción para llevar a cabo algún tipo de acción, como apuntar, mover, visualizar, etc. Dependiendo de la técnica utilizada por la interfaz se necesitará de uno u otro dispositivo. Algunos de ellos se pueden ver en la Figura 2-20.



Figura 2-20: Dispositivos físicos de interacción
a) Guante Exos b) Virtuesfera c) Google Glasses

El dispositivo que se muestra en la Figura 2-20 (a) corresponde a un guante llamado *Dextrous Hand Master* y fabricado por Exos que permite controlar un brazo robótico. Cualquier movimiento con el guante es trasladado al brazo robótico, reaccionando éste y transmitiendo la información correspondiente al guante para que éste aplique la presión a la mano con el fin de transmitir la sensación de sujetar el objeto [36]. Este dispositivo es utilizado por la NASA en sus experimentos para explorar el espacio.

En la Figura 2-20 (b) se muestra otro dispositivo consistente en una esfera de plástico dentro de la que se ubica el usuario, de unos 2,6 m. de diámetro y alrededor de 120 Kg. de peso aunque hay otro tamaño mayor de 3 m. de diámetro. La esfera reposa en unos rodillos sobre los que gira cuando el usuario anda, funcionando exactamente igual que un ratón de ordenador. Este dispositivo se diseñó para su uso en el mundo de los videojuegos [37] aunque también se usa en el entrenamiento militar. Se usa en conjunción con un dispositivo de visualización acoplado a la cabeza, usualmente un semi-casco o gafas, que permite detectar el movimiento de la cabeza (orientación) para mostrar al usuario el mundo virtual en función de

dónde mire. Suele tener huecos en los lados para permitir al usuario orientarse con el mundo real y mantener la estabilidad en la esfera.

El tercer dispositivo, el mostrado por la Figura 2-20 (c) son unas gafas que constituyen un proyecto de futuro de la compañía Google. Se trata de una tecnología en estudio con la que pretenden revolucionar el mundo de las interfaces, desarrollando un dispositivo de interacción utilizando mecanismos naturales como la vista o el habla [38]. A través de estas gafas sería posible hacer prácticamente todo lo que hoy en día se hace con un Smartphone o una tableta, como comunicarse con otra persona vía voz o vídeo, establecer marcas geoposicionales, calcular rutas, publicar en Internet, etc.

Existen otros muchos dispositivos físicos diseñados para la interacción con interfaces de usuario y para su aplicación en múltiples ámbitos.

2.4 Análisis y conclusiones

Las características que presentan las personas que han sido afectadas por un DCS son tan particulares y personalizadas que las hacen más exigentes, si cabe, a la hora de devolverles la calidad de vida perdida.

En este capítulo se han identificado las causas más comunes por la que una persona puede verse afectada por DCS junto con las consecuencias que pueden provocar en ellas. Las causas tienen un componente muy alto de relatividad en cuanto a la persona y en cuanto al accidente sufrido puesto que una misma causa de accidente puede provocar diversos casos de DCS, variando en el grado de afección de las distintas capacidades perdidas o deterioradas.

Para recuperar total o parcialmente las capacidades perdidas o deterioradas se precisa de la realización de un proceso de rehabilitación, el cual puede ser más o menos eficaz en función de varios factores, como la prontitud de su aplicación, los recursos disponibles o las técnicas utilizadas.

Al mismo tiempo, se ha llevado a cabo el análisis de algunas de las herramientas software de rehabilitación del DCS actuales, procediendo a la evaluación de la calidad de la interfaz de la herramienta HABITAT [4] por ser la que mejores resultados presenta, aplicando técnicas existentes para medir la calidad en uso, herramienta configurable de rehabilitación de personas afectadas por DCS. La calificamos como configurable porque permite al especialista cambiar la interfaz de usuario de acuerdo al grado de afección para el que cada actividad es adecuada.

Entre dichas técnicas resulta de gran interés la aplicación de las nuevas tecnologías, existiendo una amplia variedad de técnicas software, como la visión artificial o la realidad virtual, que se pueden aplicar en la rehabilitación de personas con DCS, actualizando los procesos de rehabilitación e incorporando mecanismos de gestión y planificación que los hagan más efectivos. Junto a estas técnicas software existen una serie de dispositivos físicos con los podrá interactuar la persona durante la realización de los ejercicios de rehabilitación, siendo necesario el estudio de cada uno de ellos para determinar su adecuación para cada uno de los grados de afección.

Cobra especial relevancia la utilización de dispositivos de interacción transparentes al usuario que realiza la rehabilitación, con los que es posible aprovechar los movimientos, los gestos o las emociones en la realización de los ejercicios. La efectividad de los ejercicios será más reducida si el dispositivo de interacción causa algún tipo de molestia al usuario.

Los siguientes capítulos están orientados a mostrar cómo se pueden utilizar los conocimientos en cuanto a la caracterización de los afectados por DCS para diseñar interfaces de usuario

adecuadas para ellos, utilizando las nuevas técnicas de interacción software y extrayendo su experiencia de usuario con el fin de adaptar dicha interfaz de usuario a los requisitos de cada afectado.

Capítulo 3

Diseño de interfaces adaptativas para la rehabilitación del DCS

3.1 Introducción

Actualmente, son cada día más comunes las personas con discapacidad ocasionada por un Daño Cerebral Sobrevenido (DCS). Esta situación, en muchas ocasiones, es el resultado de una lesión súbita, en la mayoría de los casos producida en las estructuras cerebrales, que da lugar a diferentes problemas de muy diversa índole, ya que el cerebro controla todas las funciones vitales desde las más básicas (respiración, presión arterial, frecuencia cardíaca), hasta las más sofisticadas (creación artística, abstracción, emociones). Las secuelas que provoca el DCS a las personas que lo sufren son traumáticas y diversas en tanto que dependen de varios factores, como por ejemplo la zona del cerebro que resulta dañada o la gravedad de la lesión ocasionada. Las alteraciones en el comportamiento de la persona que ha sufrido una lesión cerebral varían en función de dichos factores ya que el cerebro está organizado de forma que cada zona tiene una función específica, la cual se ve disminuida en funcionalidad o anulada por completo dependiendo de la gravedad del daño sufrido.

La situación actual de la rehabilitación de personas afectadas por DCS impide que personas con posibilidad de progresar en su calidad de vida puedan hacerlo. La mayoría de herramientas software existentes hoy en día no ofrecen la flexibilidad necesaria para que los especialistas en DCS establezcan un plan de rehabilitación personalizado y adaptado a cada afectado. Por tanto, se hace imprescindible una herramienta software que cubra estas necesidades y que motive a los afectados con su utilización. Además, el hecho de utilizar las TIC en el proceso de rehabilitación produce un efecto motivador por el alto interés que éstas suscitan, sobre todo en las personas jóvenes.

Este trabajo de fin de máster considera el mencionado objetivo y para ello aborda el tema de la adaptación de interfaces, estableciendo las bases que llevan al diseño de interfaces adaptativas utilizables en la rehabilitación de personas con DCS para las que es esencial aportar actividades adecuadas al progreso del afectado e interfaces con los elementos visuales y la información recomendada para cada uno de ellos. Según los propios especialistas, un correcto diseño de la aplicación que va a dar apoyo en la rehabilitación es esencial, de manera que se adapte, si no completamente, si en gran parte a las necesidades y problemática tanto de especialistas como de afectados. Ni este trabajo ni las actividades relacionadas con su desarrollo ni con su evolución hubieran sido posibles si no se hubiera contado con la colaboración de otras entidades como ADACE CLM y sus especialistas.

3.2 Hipótesis de partida

La rehabilitación de personas afectadas por DCS ha notado un progresivo aumento de la efectividad en términos de calidad de vida alcanzada y de duración del proceso debido a la mejora introducida por la aplicación de la tecnología en el proceso, tanto por los dispositivos utilizados para realizar las actividades de rehabilitación como por los sistemas software encargados de su gestión y control.

Los sistemas de rehabilitación software dan soporte a la rehabilitación ofreciendo a los afectados un mecanismo interactivo y atractivo de realización de actividades, cercano a la motivación de la mayoría de usuarios, en el caso de personas jóvenes por el uso de la tecnología y en otros casos por la adecuación de los contenidos mostrados a sus características y preferencias. Este tipo de actividades contribuyen a desarrollar las capacidades perdidas o deterioradas de una forma eficaz, centrándose en cada una de ellas y adaptándose para obtener del afectado los mejores resultados en cada situación.

La adaptación de la interfaz al usuario es esencial en este tipo de sistemas ya que influye directamente en el éxito o fracaso del proceso de rehabilitación. La gran diversidad de usuarios con la que se enfrenta una interfaz de este tipo de aplicaciones supone la nula utilidad de interfaces de usuario estáticas, generadas en tiempo de compilación, dedicadas a un tipo de usuario genérico, algunas de ellas ya mencionadas en el apartado 2.2.2.2. Las características de los usuarios que intervienen en procesos de rehabilitación no solo son muy variadas entre diferentes usuarios, sino que también evolucionan a lo largo del proceso de rehabilitación del usuario, haciendo así que el perfil del usuario cambie y por tanto haciendo ineficaces estas interfaces.

Las interfaces utilizadas en la actualidad en los procesos de rehabilitación de personas afectadas por DCS en su mayoría suelen carecer de funciones que les aporten adaptatividad, limitando su efectividad, como ocurre con las herramientas Índigo [20] o Grador [25] (ver Figura 3-1). Éstas tienen más en cuenta factores comerciales o de marketing, como los beneficios o el tipo de afectados mayoritario, a la hora de diseñar las herramientas de rehabilitación a fin de reducir el tiempo de desarrollo y maximizar los beneficios. Esto hace que aunque las interfaces son de calidad son también demasiado genéricas.



Figura 3-1: Actividad de percepción en Grador
(fuente [25])

La calidad de una interfaz en muchos de los casos es descuidada, obviando la percepción que los usuarios finales tienen de la aplicación y que, al fin y al cabo, van a ser los que decidan si

siguen utilizándola. En el proceso de desarrollo de interfaces de usuario, y más aún si cabe en las dedicadas a la rehabilitación de personas afectadas por DCS, la calidad, y más concretamente la calidad en uso debe ser medida como medio de obtención de un feedback que proporcionará a los diseñadores los puntos críticos en los que la interfaz podrá ser mejorada.

3.3 Propuesta y trabajos iniciales

El diseño de interfaces de usuario adaptativas no es una tarea trivial, dado que deben tenerse en cuenta diversidad de factores que afectan al usuario, como sus características normalmente almacenadas en forma de perfil, su progreso, su comportamiento a través de su experiencia de uso de la interfaz, etc.

El trabajo de investigación descrito en esta tesis de máster consiste en la determinación de las técnicas necesarias para que una interfaz de usuario estática pueda llegar a convertirse en una interfaz de usuario inteligente, esto es, aquella que es capaz de cambiar de forma transparente al usuario a fin de ofrecer la configuración óptima de acuerdo a las características de éste en un momento determinado de su vida o de su experiencia de uso de la interfaz.

En los siguientes puntos se van a analizar las interfaces dinámicas que se adaptan al usuario en tiempo de ejecución, profundizando en aquellas que se dedican a la rehabilitación del Daño Cerebral Sobrevenido. Para éstas interfaces es preciso refinar los mecanismos de análisis que permiten inferir las adaptaciones de la interfaz adecuadas en cada instante y usuario. Este análisis nos permitirá establecer los módulos necesarios para convertir una interfaz de usuario estática en adaptativa, que serán implementados en futuras fases de esta tesis.

3.3.1 Caracterización de interfaces adaptativas para afectados de DCS

Las interfaces de usuario adaptativas son aquellas que son capaces de adaptarse al usuario que las utiliza con el fin de optimizar su efectividad [39]. Por lo general, dicha adaptación suele llevarse a cabo de forma totalmente transparente al usuario, esto es, sin la necesidad de su intervención directa. Debido al poder de decisión de este tipo de interfaces a menudo se suele referir a ellas como interfaces de usuario inteligentes.

Son varias las razones que pueden llevar a la utilización de interfaces de usuario adaptativas en un sistema informático, como por ejemplo:

- El sistema va a ser utilizado por usuarios con requisitos distintos, como por ejemplo el idioma a utilizar, las carencias que presentan, la cultura, etc.
- El sistema va a ser utilizado por usuarios en los que los requisitos cambian a lo largo de su proceso de uso, como puede ser el grado de manejo, el nivel de logro de las capacidades a rehabilitar, etc.
- El usuario trabaja con varios entornos, por lo que se debe asegurar la consistencia entre interfaces para evitar el aprendizaje por parte del usuario de diferentes interfaces. Por lo general, las suites ofimáticas aplican este tipo de adaptatividad
- El usuario trabaja con un entorno cambiante impuesto por el organismo o entidad para la que trabaja o por la situación o el momento como puede ser el dispositivo desde el que accede a ella

Por cualquiera de las razones anteriores puede llegar a ser necesaria la implantación de interfaces adaptativas o inteligentes. Al diseñar este tipo de interfaces y centrándonos en aquellas que se utilizan en los procesos de rehabilitación de personas afectadas por DCS es necesario saber qué elementos podemos tener en cuenta a la hora de realizar una adaptación, que pueden ser [39]:

- Elementos visuales del entorno de la interfaz o *adaptatividad de presentación*. Por las características personales de cada usuario, deberán tenerse en cuenta aquellas adaptaciones de elementos que supongan la eliminación de obstáculos que impidan la correcta interpretación de los signos, o aquellas que faciliten su rápido aprendizaje.
- Información mostrada. En este caso se pueden realizar adaptaciones en dos sentidos: en cuanto a la cantidad de información mostrada, puesto que según el punto en que se encuentre de su proceso de rehabilitación será más o menos adecuado mostrar una cantidad de información (*adaptatividad de contenido*); y en cuanto al ordenamiento de la información (*adaptatividad de navegación*). En muchos casos se consigue una mayor efectividad mostrando al usuario la información más relevante en zonas que consultará primero, lo cual no significa que se elimine la información menos relevante. Este tipo de adaptación suele darse más a menudo en interfaces basadas en la web.
- Ejercicios o técnicas de interacción. En el caso de las interfaces de usuario aplicadas a la rehabilitación es de suma importancia que el proceso de rehabilitación sea dinámico y adaptado al estado y progreso del afectado. La propia interfaz puede realizar el papel del especialista o facilitarle su labor en cuanto a asesoramiento de ejercicios apropiados para cada afectado aumentando la efectividad del proceso de rehabilitación.

3.3.2 Arquitectura de interfaces adaptativas

Una vez descrita la caracterización de la adaptatividad aplicable a una interfaz de usuario para la rehabilitación de personas afectadas por DCS cabe analizar la arquitectura que este tipo de interfaces debería adoptar en su diseño, lo cual nos permitirá conocer cada uno de los componentes que se deberán implementar en futuras fases.

Analizando la bibliografía publicada como por ejemplo [39] se pueden encontrar grandes avances en el desarrollo de interfaces de usuario adaptativas basadas en modelos de usuario. Esta metodología de desarrollo se basa en la elaboración de modelos de usuario actualizables que sirven como base de análisis para llevar a cabo cada adaptación en un momento determinado. El esquema de la arquitectura que soporta este tipo de interfaz es el que se muestra en la Figura 3-2.

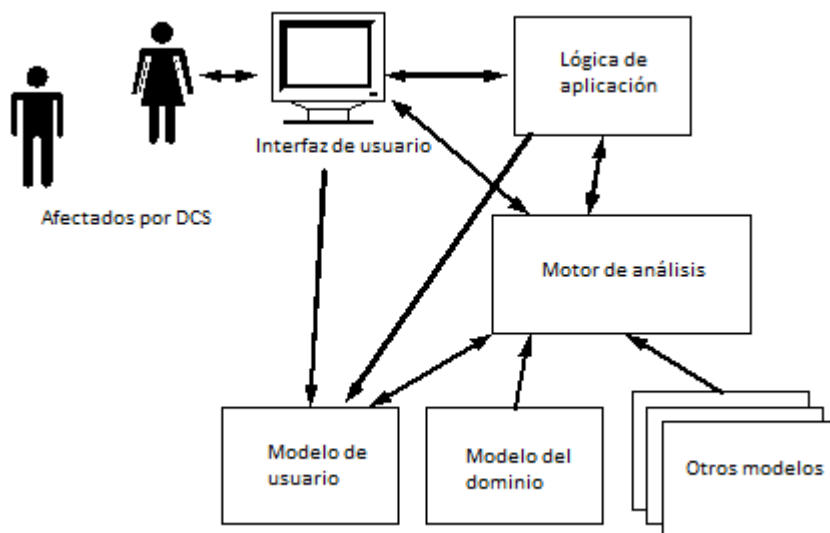


Figura 3-2: Arquitectura de un sistema que utiliza un modelo de usuario
(adaptado de [40])

Esta arquitectura es prácticamente común a todos los sistemas de interfaz guiadas por modelos aunque en algunos trabajos se organiza por niveles como se muestra en la Figura 3-3.

El desarrollo de interfaces de usuario adaptativas guiadas por modelos de usuario es una metodología actual muy utilizada que permite analizar el comportamiento de los usuarios para la generación de reglas de adaptación y facilita la generación automática de código, técnica muy afianzada en la implementación de software actual y de gran ayuda en el diseño de interfaces de calidad puesto que optimiza el diseño mediante el análisis y la simulación. Además, la utilización de modelos permite acelerar y mejorar la realización de pruebas y verificaciones con la incorporación de potentes utilidades.

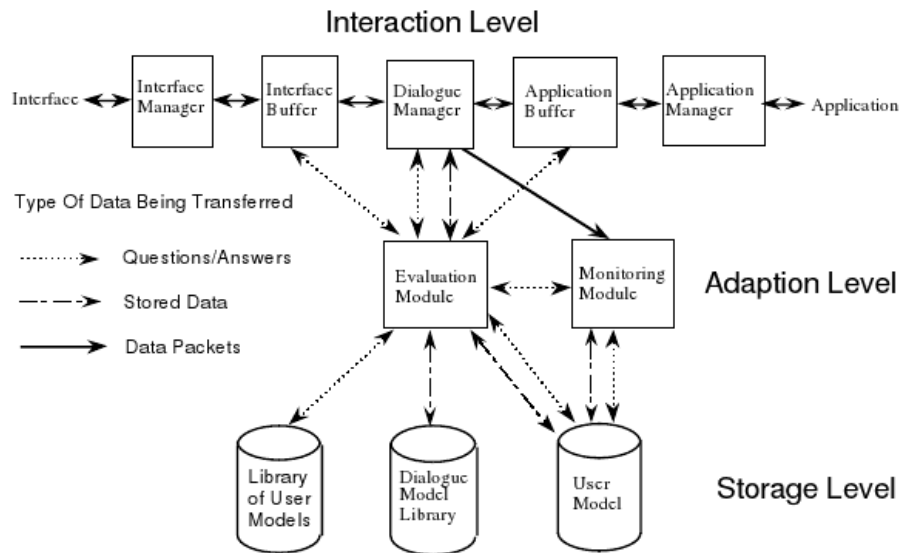


Figura 3-3: Arquitectura de interfaz adaptativa guiada por modelos en niveles

(fuente [41])

Si se observan ambas figuras se pueden distinguir elementos comunes y necesarios como son:

- Modelos: Entre los diversos que pueden formar parte de un sistema que sigue esta arquitectura está el modelo de usuario que almacena el perfil y características del usuario. Otros modelos frecuentemente utilizados son el del dominio, el cual permite definir las acciones que se pueden llevar a cabo con la interfaz, o el de diálogo, que marca la secuencia de diálogos que se producen durante la interacción con la interfaz.
- Motor de análisis o de evaluación: Es el componente que se encarga de analizar los modelos del usuario y decidir las adaptaciones pertinentes en función de las reglas de decisión programadas. Se podría decir que es el componente más importante de esta arquitectura inteligente. Su role es diferente en función del momento en que el usuario se encuentre utilizando la interfaz. Así, se encargará de realizar una inicialización del entorno cuando el usuario ejecute la interfaz, mientras que durante la ejecución de ésta el motor de análisis se encarga de analizar el comportamiento almacenado del usuario por si cabe una posible adaptación que mejore su experiencia.
- Registro de comportamiento o monitorización: En unas arquitecturas se integra en el motor de análisis y en otras se contempla como componente independiente. Se encarga de registrar el comportamiento del usuario a alto nivel a lo largo de su experiencia con la interfaz, es decir, el recorrido que hace en los diferentes diálogos.
- Interfaz y aplicación: La capa de aplicación es la que almacena la lógica de la aplicación, la que soporta el peso y potencia de ejecución. La interfaz de usuario está compuesta por los distintos elementos con los que el usuario interactúa,

El objetivo de este trabajo es determinar y analizar las técnicas necesarias que permitirán la extracción de información derivada de los modelos del usuario y del módulo de

monitorización. Ésta servirá como entrada para el motor de análisis, corazón de la arquitectura.

3.3.3 Data mining

El data mining ha llegado a convertirse en un campo de investigación en auge en los últimos años por la gran aceptación en muchos ámbitos como la medicina, el mundo de los videojuegos, aeronáutica, etc., siendo los de mayor importancia el de la empresa y el de la ciencia [42]. Supone una herramienta muy útil a la hora de obtener información válida y detallada a partir de las operaciones y datos que se producen a lo largo del ciclo de vida de las empresas, de modo que ésta pueda emplearse en la mejora del proceso productivo o comercial. De igual forma puede ser aplicado en la extracción de información estructurada a partir de la experiencia de usabilidad de las interfaces de usuario.

A pesar de la gran aceptación del data mining por su comprobada eficacia, todavía existe cierta reticencia entre los desarrolladores de software por el elevado coste que supone en tiempo y recursos humanos. El data mining consiste en la extracción de información estructurada a partir de grandes cantidades de datos almacenados en repositorios que pueden contener los datos en distintos formatos, ya sea simples logs, bases de datos relacionales, ficheros de datos, etc. De ellos se estima que alrededor de un 7% son aprovechados para su análisis [43] debido a que muchos de ellos son inconsistentes y/o se dividen en varios repositorios. El resto representa el mayor potencial de innovación. Dicha extracción ha de realizarse de forma estructurada e identificando posibles patrones de información, empleando diferentes técnicas entre las que se encuentran el análisis estadístico, matemático o de reconocimiento de patrones tal como contemplan Lee y Siau [44]. Estas, unidas a técnicas de inteligencia artificial, permiten la predicción de información crucial y relevante para la toma de decisiones. Éstas, en el mundo de la empresa, pueden llevar a la explotación de un servicio renovado o una clientela mejorada o en el caso concreto que nos ocupa, pueden determinar las adaptaciones pertinentes para conseguir mejorar el proceso de re-aprendizaje.

3.3.3.1 Obtención de la información

Como se ha dicho, el data mining aporta una potencia extraordinaria a la hora de extraer información útil de un conjunto de datos ingente. Viene a solucionar las necesidades actuales de hoy en día, las cuales no se centran en abordar cuántos datos se generan y cómo lo hacen sino qué significan y qué utilidad pueden proporcionar. Llevado al ámbito del desarrollo software y más concretamente al modelado de usuarios en las interfaces de usuario adaptativas, las técnicas de extracción de información están encaminadas a la identificación de patrones de comportamiento de los usuarios detectando posibles preferencias, hábitos o progresos que permitan inferir adaptaciones en la interfaz para optimizar su efectividad. La clave consiste en elegir las técnicas de data mining idóneas para obtener el conocimiento deseado. Cada técnica está diseñada para obtener patrones específicos.

El uso del data mining está bastante extendido hoy en día en el desarrollo de interfaces de usuario adaptativas. Baste el ejemplo de los gestores de correo actuales como son Evolution o Kmail que ya introducen utilidades para separar el correo no deseado del deseado mediante el empleo de algoritmos de aprendizaje automático. O el de la empresa Amazon que también los emplea para identificar usuarios con las mismas preferencias de compra para recomendar productos de su agrado.

El proceso de obtención de la información no debe tomarse como algo trivial ya que de una correcta planificación y determinación de la técnica a utilizar dependerá la calidad y la utilidad de la información generada. Dicha determinación de la técnica debe hacerse atendiendo al

tipo del conjunto de datos que serán el origen del análisis, al ámbito sobre el que se va a trabajar y otra serie de factores.

Por lo general, el proceso de obtención de la información suele ser automatizado, convirtiendo un proceso complejo que llevaría horas, días o incluso meses en un proceso rápido y simple, lo cual no quiere decir que no se pueda llevar a cabo de forma manual y más controlada.

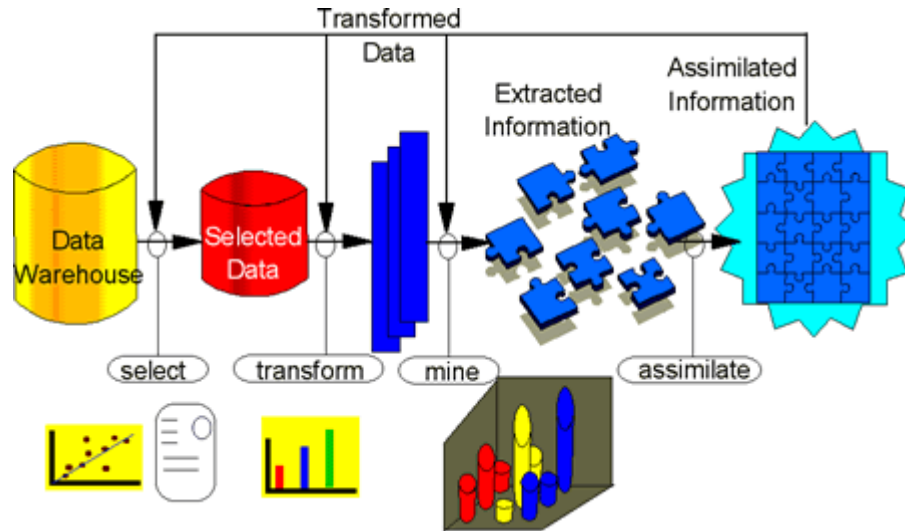


Figura 3-4: Proceso de obtención de información con data mining

Para llevar a cabo el proceso de obtención de información estructurada mediante data mining (ver Figura 3-4) Sang Jun Lee y Keng Siau [44] desglosan el proceso en tres pasos bien diferenciados: preparación de los datos, reducción o filtrado de los datos y por último la búsqueda de información válida a partir de esos datos. Estas tres fases pueden convertirse en algunas más dependiendo del nivel de concreción que se lleve a cabo y el ámbito en el que se trabaje.

Existen diversas librerías de aprendizaje automático escritas en diferentes lenguajes de programación que nos permiten extraer información a partir de grandes cantidades de datos. Algunas de ellas son Torch [45], escrita en C++ y con licencia BSD, Weka [46], escrita en Java y con licencia GPL, muy utilizada en el mundo académico y con interfaz gráfica muy amigable, o Bow [47], escrita en C y con licencia GPL para el análisis estadístico o la clasificación de documentos.

3.3.3.2 Técnicas de extracción de la información

Las diferentes técnicas que han sido desarrolladas en el campo del data mining pueden clasificarse en tres grandes grupos, en función del factor que prime a la hora de elegir una u otra. Así, Lee y Siau [44] proponen:

- *Según la base de datos:* El tipo de base de datos sobre la que se va a llevar a cabo el descubrimiento de información va a depender mucho de la tecnología sobre la que se trabaje o incluso sobre las preferencias de cada desarrollador. Así, hay desarrolladores o tecnologías que utilizan bases de datos relacionales, bases de datos orientadas a objetos, bases de datos multimedia, semánticas, etc.
- *Según el conocimiento que se pretende descubrir:* Se pueden encontrar técnicas que utilizan reglas, tanto de clasificación como de asociación, clustering, etc. Del mismo modo, dentro de esta clasificación puede realizarse otra en función del nivel de abstracción que son capaces de alcanzar.

- *Según las técnicas utilizadas:* Es posible encontrar metodologías en función del factor que guía el proceso de descubrimiento de la información, como es el caso de metodologías guiadas por los datos, guiadas por consultas, interactivas o automáticas como la propuesta por Asghar and Iqbal [48]. A este tercer grupo pertenecen las técnicas de análisis estadísticos, matemáticos, basadas en patrones, etc.

La mayoría de las técnicas anteriormente citadas suponen una manipulación por parte del usuario que se encarga de la extracción de la información, lo que conlleva la necesidad del aprendizaje y ajuste. A lo largo del ciclo de vida de una interfaz de usuario es usual que la cantidad de datos disponibles se vaya incrementando, haciendo mucho más complicado su tratamiento manual. Además, este tratamiento manual crea una dependencia entre la información generada y el usuario que la extrae, teniendo la calidad de la información final relación directa con su grado de experiencia. La evolución de la tecnología ha posibilitado la automatización de las técnicas de extracción de información del data mining[48], rompiendo esa dependencia con el usuario que se tenía con las técnicas manuales. Dicho proceso de automatización permite la obtención inmediata de información válida y valorable para la construcción de reglas y la toma de decisiones.

Este tipo de técnicas de extracción de información están más orientadas al ámbito comercial, proporcionando a las empresas información valiosa para reorientar su proceso comercial. Para el caso del modelado de usuario, el conjunto de datos de análisis es distinto por lo que es preciso aplicar otras técnicas de extracción de información que proporcionen datos de comportamientos con la interfaz que a continuación se detallan.

Tradicionalmente se ha distinguido entre técnicas de aprendizaje supervisadas y sin supervisar aunque se sabe que ambos tipos de técnicas no pueden tratar con la incertidumbre que cualquier información tiene inherentemente. La solución a este inconveniente es el Soft Computing [49], la aplicación de diversas técnicas que sí soportan la tolerancia a la incertidumbre entre las que se encuentran las redes neuronales, la lógica difusa, el razonamiento aproximado o técnicas de búsqueda como los algoritmos genéticos y evolutivos [50].

Los algoritmos tradicionales basados en el aprendizaje supervisado parten de la idea de que los datos que se van a analizar son clasificados previamente. El algoritmo en este caso se encarga de construir una descripción de cada clase en función de las características de los datos que pertenecen a ella. En el caso de los algoritmos de aprendizaje no supervisado, el propio algoritmo es el encargado de formar los grupos o clases en función de las características que compartan los datos por lo que no existe una clasificación previa y, por lo tanto, el número de clases se desconoce inicialmente [51].

Existen otras muchas técnicas capaces de obtener información válida para el modelado de usuarios, como lo son las de análisis estadístico entre las que figuran los modelos de Markov [52] y las redes bayesianas [53]. A continuación se detallan las técnicas tradicionales:

- *Aprendizaje sin supervisión:* Como ya se ha dicho, el propio algoritmo es el encargado de crear los grupos o clases en función de las características que comparten los datos [53]. El diseño del algoritmo comprueba para ello que los datos pertenecientes a la misma clase se parecen al máximo para una misma característica y al contrario, que los que están en distintas clases difieren mucho entre ellos respecto a las características de cada clase. Estos algoritmos de agrupamiento en clase se pueden al mismo tiempo clasificar en función de la libertad a la hora de permitir a los datos pertenecer a solo una clase o a varias al mismo tiempo (agrupamiento difuso). En el caso del agrupamiento difuso cada dato lleva asociado el grado de pertenencia a cada clase.

A su vez, los algoritmos de agrupamiento no difuso se clasifican en jerárquicos y no jerárquicos. Éstos últimos construyen clases indivisibles mientras que los jerárquicos lo hacen a modo de sucesión de pasos construyendo subclases a modo de árbol [54].

- *Algoritmos No-jerárquicos.* El ejemplo más típico que podemos contemplar en esta categoría de algoritmos es el algoritmo de las K-medias [55]. Este algoritmo inicialmente selecciona un número K de datos, llamados semillas. Se llevan a cabo una serie de iteraciones en las que el dato seleccionado del conjunto de datos se asigna a la clase cuya semilla se parezca más a él (función objetivo), recalculando entonces la semilla de la clase de modo que sea el centroide de la clase. Las iteraciones acabarán cuando éste se estabilice. Al final se tendrán K clases. Este algoritmo es bastante aceptado por su simpleza a la hora de entenderlo y de implementarlo pero resulta problemático ya que es sensible al conjunto inicial de semillas elegido, pudiendo llevar a resultados distintos. Bastaría con seleccionar otras distintas para comprobar si llevan al mismo resultado o a otro más óptimo. Además, su complejidad depende del número de clases elegidas inicialmente.
- *Algoritmos Jerárquicos.* Un inconveniente de los algoritmos de aprendizaje no-jerárquicos es la poca fiabilidad de la comparación de parecidos entre datos cuando aumenta el número de características. Este inconveniente es resuelto por los algoritmos jerárquicos que pueden realizar su labor de dos formas, por agrupación (de abajo a arriba) y por división (de arriba a abajo), éstos últimos menos eficientes.
Los algoritmos por agrupación van construyendo una jerarquía en árbol de clases que son a su vez subclases de otra clase como resultado de la comparación de los patrones o características. Dicho árbol puede ser cortado a cualquier nivel. La clave está en decidir dónde cortar. En [56] se sugieren diversos métodos para que la partición se realice de manera que englobe a todos los datos teniendo en cuenta algún criterio.
- *Agrupamiento difuso.* Se denomina agrupamiento difuso a aquel en el que se permite que un dato pueda pertenecer a más de una clase a la vez. Para contemplar esto se añade a cada dato el grado de pertenencia a cada clase. Un ejemplo muy utilizado de estos algoritmos es el de las C-medias difuso [57], que al igual que el de las K-medias tiene como objetivo minimizar una función objetivo que a su vez es similar a la de las K-medias a la que añade el factor de pertenencia de un dato a cada clase y el factor de certeza de la clase. El resultado de este algoritmo es un conjunto de centros de las correspondientes clases y una matriz en la que se refleja el grado de pertenencia de cada dato del conjunto a analizar a cada clase.

Por lo general, en el modelado de usuario se desea agrupar a los usuarios en función del uso que éstos hagan de la interfaz o del contenido que les interese, sobre todo en aquellas basadas en la web. Para llevar a cabo este agrupamiento se suele contar con datos no numéricos, para los cuales es preciso utilizar técnicas relacionales para compararlos ya que la información disponible puede ser las características del usuario (perfil), las páginas que más visita, etc.

Cuando se opta por la utilización de algoritmos sin supervisión es preciso tener en cuenta dos factores que determinarán el éxito o fracaso de la empresa: cómo se mide la distancia y el número de clases predefinidas en los no-jerárquicos. El primero de ellos resulta de difícil decisión sobre todo cuando tratamos con datos no numéricos como puede ser el tipo de interacción que realiza un usuario, las páginas que visita, sus preferencias... para solucionar esto se han hecho algunas propuestas[58] utilizando vectores numéricos para

expresar las relaciones pero lógicamente se pierde información en el proceso. Para el caso del número de clases predefinidas, se hace necesario la utilización de técnicas heurísticas para determinar el número de clases puesto que es algo de lo que usualmente no se dispone.

- *Aprendizaje supervisado*: En este tipo de aprendizaje se requiere de la condición previa de una clasificación inicial de los datos a partir de la cual el algoritmo se encarga de describir cada clase observando las características particulares de cada dato que pertenece a ella. Entre las diversas técnicas que lo soportan se encuentran la de los árboles de decisión y las redes neurales.

- *Árboles de decisión*. La metodología seguida por los algoritmos basados en árboles de decisión básicamente consiste en la realización de dos pasos: la construcción (inducción) del árbol y la poda de éste. A su vez, la construcción del árbol puede realizarse mediante dos métodos, el descendente o de arriba a abajo y el incremental o de abajo a arriba.

Para llevar a cabo la construcción del árbol inicialmente se dividen los datos en dos conjuntos, los datos de entrenamiento, los cuales permitirán inducir el árbol, y los datos de prueba, que permitirán verificar la hipótesis obtenida con los datos de entrenamiento. La elección del conjunto de datos de entrenamiento influirá en el óptimo resultado del árbol, de ahí que sea conveniente realizar el proceso con diferentes conjuntos.

La inducción Top-Down [59] consiste en un proceso iterativo en el cual los datos residen en nodos, los cuales se dividirán o no en función de si existe un atributo común a ellos para el cual corresponde distinto valor, al menos para dos de los datos del nodo. Para la elección del mejor atributo se emplean técnicas heurísticas. Este proceso se repite para cada sub-nodo hasta que no se puedan dividir más, aunque estos algoritmos suelen disponer de mecanismos de parada en función de diversos factores como la profundidad máxima establecida, el mínimo número de elementos por nodo, etc. Inicialmente se parte de un nodo raíz con todos los datos de entrenamiento. Para comparar diferentes conjuntos de entrenamiento se suele utilizar como medida la ganancia de información ya que este tipo de algoritmo busca el aprendizaje de información o conceptos. El último paso es la poda del árbol o árboles conseguidos con el fin de optimizarlos.

Para el caso del modelado de usuario quizás la representación en forma de árbol sea poco acertada. En este caso es posible crear un perfil en forma de reglas a partir del árbol de decisión, construyendo una regla para cada camino desde el nodo raíz a las hojas como hace el algoritmo C5.0 [51]. Este tipo de algoritmos ofrece una forma bastante rápida de clasificar a los usuarios de una interfaz en función de algún atributo que interese. Aunque como ya he dicho antes, el resultado depende de la elección del conjunto de datos de entrenamiento y de la ganancia de información, por lo que en muchos casos el perfil del usuario obtenido no se corresponderá con la realidad. De igual forma, resulta contraproducente cuando aumenta la dimensionalidad puesto que el tiempo de respuesta aumenta considerablemente, siendo inviable para obtener decisiones en tiempo real.

- *Redes neuronales*. Las redes neuronales son un tipo de paradigma que hacen que los algoritmos que las implementan ofrezcan una potencia elevada en el aprendizaje ya que disponen de un algoritmo de aprendizaje propio y trabajan de forma similar al cerebro, es decir, mediante nodos que simulan neuronas, conectadas entre ellas y trabajando en paralelo a partir de señales de activación y de las salidas de otras neuronas. Existen diversos tipos de redes neuronales, conectándose en cada uno de esos tipos las neuronas de distintos modos. Es usual

que un conjunto de neuronas se conecte entre sí a través de capas, variando la forma en que se transmite el resultado entre ellas, ya sea de la superior (entrada) a la inferior (salida) con una capa intermedia oculta compuesta por más neuronas, de la siguiente a la anterior en forma de feedback, etc. Lo que sí es común es la existencia de una función que obtiene un resultado en cada neurona a partir de las entradas proporcionadas con el peso correspondiente a ésta y de las señales de activación de estas entradas.

Este tipo de técnica también puede llevarse a cabo de forma no supervisada aunque en la mayoría de ocasiones se emplea el modo supervisado y, más concretamente, el algoritmo de aprendizaje con contra-propagación por su excelente resultado en la búsqueda con un coste mínimo en su función.

Al contrario que los árboles de decisión, las redes neuronales son idóneas para la obtención de resultados en tiempo real puesto que se obtiene la potencia de la computación paralela de todas las neuronas. Entre sus ventajas están la tolerancia a los fallos y la capacidad de obtener información incluso de datos imprecisos, no necesita de un conocimiento inicial del problema y no necesita la definición de métricas de comparación, las cuales generan gran dependencia con el tipo de dominio al que se vaya a aplicar el algoritmo.

Al igual que los árboles de decisión, son de gran utilidad en el modelado de usuarios para interfaces, sobre todo para clasificarlos o para sugerir tareas [60], ejemplo éste último muy útil en el caso de las interfaces adaptativas aplicadas en la rehabilitación de personas afectadas por DCS.

- *Soft Computing*: Esta combinación de técnicas viene a solventar las limitaciones que tienen las técnicas tradicionales de extracción de información, siendo un paradigma ideal para tratar correctamente la incertidumbre producida muchas veces en los datos obtenidos como fruto del trabajo con interfaces de usuario.

En el Soft Computing pueden integrarse todas las técnicas vistas, siendo las de mayor utilidad para el modelado de usuario la lógica difusa ya que aporta un mecanismo eficaz y muy similar razonamiento humano. También los sistemas neuro-difusos, capaces de ajustar el conocimiento construido para inferir características del usuario.

- *Lógica difusa*. Es una técnica que suele aplicarse en combinación con otras técnicas de data mining como las ya mencionadas “agrupamiento difuso” o “reglas de asociación difusas” para representar la información con incertidumbre. Su principal ventaja es la utilización de valores continuos en el intervalo [0,1] para demostrar el grado de certeza a diferencia de otras técnicas que utilizan valores discretos entre un conjunto finito.

Este tipo de técnica está especialmente aconsejada para sugerir recomendaciones al usuario. En el caso de aquellas que se utilizan en la rehabilitación del DCS se podría emplear para la recomendación de los ejercicios más apropiados en función del perfil y comportamiento del usuario en el proceso de rehabilitación. Un ejemplo de aplicación de esta técnica de recomendación es el reflejado en [61].

Si se tiene que mencionar algún defecto, cabe destacar que no posee ningún mecanismo de aprendizaje, por lo que todo el conocimiento a partir del cual se infiere ha de ser proporcionado. Además, utiliza parámetros fuertemente dependientes del dominio de la aplicación que se le dé, como el grado de pertenencia a las clases.

- *Sistemas neuro-difusos*. Este tipo de sistemas vienen a solucionar la limitación de la lógica difusa en cuanto a aprendizaje empleando redes neuronales, a fin de automatizar el proceso de inferencia de reglas que tratan la incertidumbre a partir

de conocimiento. Se puede decir que este tipo de sistemas son una extensión de los de lógica difusa con la adición de un mecanismo de aprendizaje.

Al igual que la lógica difusa, resulta de gran utilidad para recomendar o sugerir tareas o ejercicios y para la clasificación de usuarios en función de su perfil. Llevado al terreno de las interfaces de rehabilitación de DCS resulta de gran utilidad su aplicación para clasificar los usuarios en función de su progreso o nivel de recuperación y para sugerir o crear un protocolo de ejercicios para cada usuario. Un ejemplo aplicado en un sistema de aprendizaje es el que se refleja en [62], en el que se planifican los contenidos del curso web a partir del progreso del alumno.

A pesar de resultar más efectivo que la lógica difusa sigue manteniendo algunas de las limitaciones de las técnicas que combina (lógica difusa y redes neuronales), como el elevado tiempo de aprendizaje cuando se hace modelado dinámico.

La elección de una u otra técnica de extracción de información condicionará el resultado final de las reglas de inferencia obtenidas y que se aplicarán en la adaptación de la interfaz de usuario. Por lo tanto es esencial dedicarle un tiempo de estudio previo al diseño de la propia interfaz de usuario.

Son muchos los factores que se pueden deben en cuenta a la hora de seleccionar la técnica a emplear, entre los cuales puede estar la experiencia de uso de alguna de ellas. Sin embargo, lo que realmente interesa es la efectividad en el proceso, por lo que son más adecuados a tener en cuenta factores como el tipo de tarea para el cual se quiere obtener conocimiento, esto es, clasificación de usuarios o recomendación de algún tipo de tarea, o como el conocimiento previo de posibles clases ya establecidas o etiquetadas.

3.4 Conclusiones

En el diseño de las interfaces de usuario adaptativas se hace necesario tener en consideración la peculiaridad de éstas, no tratándose de simples interfaces limitadas a responder a la interacción del usuario que las maneja. Las interfaces de usuario adaptativas poseen un gran potencial que puede llegar a ser aplicado en los diferentes ámbitos en los que se utilizan las interfaces de usuario, entre ellos la rehabilitación de personas afectadas por DCS.

La caracterización de las interfaces de usuario empleadas en la rehabilitación de personas afectadas por DCS sirve de base para el diseño de una interfaz totalmente adaptativa a partir de la hipótesis de partida, para lo cual se seguirá la arquitectura basada en modelos de usuario expuesta y que refleja completamente la estructura que este tipo de interfaces debe tener para llevar a cabo su cometido.

Para completar el trabajo de investigación se hace un análisis de las técnicas de data-mining actuales con el objetivo de identificar aquellas que pueden aplicarse en el modelado de usuarios para el diseño de interfaces de usuario adaptativas y determinar la más idónea según las características de la interfaz. La arquitectura de las interfaces adaptativas demuestra la necesidad de un mecanismo de extracción de información a partir de la experiencia del usuario con la interfaz. Para el desarrollo de dicho mecanismo de extracción de la información se ha optado por las técnicas de data-mining por el gran potencial que posee en este ámbito y por su actualidad en cuanto utilización e investigación. Las técnicas descritas permiten el modelado dinámico de usuarios y su diversidad ofrece un abanico bastante amplio para su elección en función del tipo de modelado que se desea realizar. Lógicamente su elección debe ser estudiada teniendo en cuenta los factores que se mencionan.

Capítulo 4

Anteproyecto de Tesis

4.1 Introducción

Un Daño Cerebral Sobrevenido es aquel que se produce de forma súbita por accidente y que afecta a la estructura del cerebro, produciendo la pérdida o deterioro de las funciones cognitivas en función de diversos factores.

Una vez producido el daño y conseguida la supervivencia del afectado es preciso llevar a cabo un proceso de rehabilitación o re-aprendizaje de las funciones cognitivas perdidas o deterioradas lo antes posible. Dicho proceso de rehabilitación se ha venido haciendo hasta hace poco de forma tradicional pero se ha demostrado que la incorporación de las nuevas tecnologías consigue mejorar la eficiencia por diversos motivos.

Uno de los retos que presenta el desarrollo aplicaciones software dedicadas a la rehabilitación, especialmente las dedicadas a personas afectadas por DCS, es la parte destinada a la interfaz de usuario. El grupo LoUISE (Laboratory of User Interfaces & Software Engineering) viene desarrollando actividades de investigación relacionadas con el desarrollo de interfaces de usuario, tanto tradicionales como adaptativas durante los últimos 13 años. En este sentido, la presente propuesta de tesis doctoral pretende seguir haciendo contribuciones en esa misma línea de investigación y para ello se marca el objetivo de mejorar la interacción adaptativa desde una perspectiva de calidad.

4.2 Dominio del problema

En la actualidad es muy elevado el número de casos de DCS que se producen cada año, consiguiendo en la mayoría de los casos la supervivencia de los afectados pero con el resultado de las secuelas producidas en la funciones cognitivas y/o motoras. La extensión actual de las TIC permite actualizar los procesos de rehabilitación, mejorando su eficacia. En este sentido, los resultados esperados de esta propuesta de tesis doctoral tienen dos vertientes de aplicación, el médico y el social.

En definitiva, la nueva realidad que ofrecen en el ámbito social las nuevas tecnologías sugiere la necesidad de herramientas y metodologías que permitan a los afectados por DCS realizar los ejercicios de rehabilitación y a los especialistas la gestión de las planificaciones de rehabilitación de cada afectado, es decir, supone superar las limitaciones que presenten las actuales herramientas y metodologías y el desarrollo de éstas.

4.3 Propuesta de tesis doctoral

La mejora de los procesos de rehabilitación desde una perspectiva de efectividad en cuanto a tiempo empleado y en cuanto a funciones cognitivas recuperadas pasa por sentar sus bases en mejorar la planificación de los ejercicios a cada afectado, es decir, asignar los ejercicios más

adecuados para un afectado de forma que optimicen la recuperación de las funciones cognitivas perdidas o deterioradas. Dicha asignación depende de varios factores, entre ellos los resultados de progreso o el comportamiento durante la realización de los ejercicios.

Fruto de la revisión de la literatura realizada hasta el momento y de mucha de la actividad investigadora llevada a cabo en el grupo LoUISE, identificamos la necesidad de tratar conjuntamente desarrollo de interfaces de usuario y adaptatividad para conseguir interfaces de calidad y, por ello, partimos de las siguientes hipótesis en esta propuesta de investigación:

1. Primero, la calidad, y más concretamente la calidad en uso requiere de ciertas facilidades en una interfaz que permitan mejorar su adaptación para que pueda ser utilizada en diferentes contextos. De hecho, existen diversos estándares internacionales relacionados con la calidad que así lo contemplan, tales como la ISO/IEC 9126-1:2001 o la ISO/IEC 25010:2011 de SQuaRe (Software Product Quality Requirements and Evaluation) [63]. El grupo LoUISE dispone de propuestas metodológicas, como resultado del trabajo de investigación llevado a cabo hasta el momento, para dotar a una interfaz de facilidades que permitan su adaptación.
2. Segundo, y relacionado con la anterior, la adaptatividad es una característica cuasi obligatoria hoy en día en el diseño de interfaces de usuario ya que contribuye a la mejora de la calidad de éstas. Hay que saber distinguir entre adaptatividad y adaptación puesto que existe una diferencia clave dependiendo del ámbito en el que se vaya a utilizar la interfaz de usuario, la automatización. En la actualidad existen diferentes frameworks que permiten el diseño de interfaces de usuario adaptativas. En esta tesis se analizarán dichos frameworks y sus aportaciones a la mejora de la calidad.
3. Tercero, el desarrollo de interfaces dirigido por modelos de usuario se ha hecho una práctica muy común hoy en día ya que contribuyen a la adaptación al usuario, construyendo interfaces de usuario personalizadas y efectivas. Para el caso que ocupa mi línea de investigación, se hace necesario refinar el concepto de modelo de usuario ya que, por lo general, las metodologías actuales de especificación de modelos de usuario se basan en características e interacciones de personas sin ningún tipo de limitación o discapacidad. En esta tesis se elaborará una metodología actualizada de especificación de modelos de usuario que tengan en cuenta las características de personas afectadas por DCS.

A continuación se profundiza en cada una de las anteriores hipótesis.

4.3.1 Calidad en uso

Según la definición de la calidad en uso aportada por la ISO/IEC 9126-1 es la “*capacidad del software que posibilita la obtención de objetivos específicos con efectividad, productividad, satisfacción y seguridad*” como se puede ver en la Figura 4-1. Son cuatro conceptos que los usuarios finales tienen en cuenta a la hora de elegir o no una interfaz de usuario.

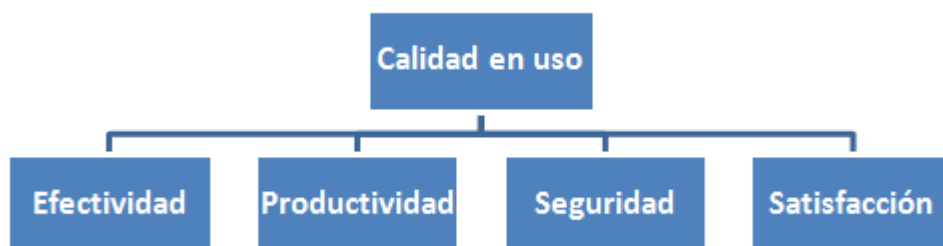


Figura 4-1: Calidad de uso ISO/IEC 9126-1

Si comparamos los dos estándares antes mencionados, atendiendo a la calidad, resulta más acertado aplicar el estándar SQuaRe ISO/IEC 25010:2011, versión revisada de la ISO/IEC 9126-1:2001, centrada en el lado del producto, perteneciente a la segunda generación de estándares de calidad de un producto software y la cual sí que contempla la especificación de requisitos y la medida de calidad para sub-características.

Los conceptos involucrados en la definición de la calidad en uso han de ser evaluados con el fin de conseguir una interfaz de usuario competente y que cumpla con los requisitos de los usuarios. La evaluación de la calidad es considerada a menudo por los desarrolladores de interfaces de usuario una característica secundaria, obviando las posibles consecuencias que en un futuro puedan derivarse en términos de uso por los usuarios finales a los que están dirigidas.

Más si cabe, la evaluación de interfaces de usuario empleadas en la rehabilitación de personas con DCS es esencial ya que los usuarios finales poseen unas características personales que si no se contemplan en el diseño de la interfaz pueden derivar en la desmotivación y el desinterés del usuario por el uso de la ésta y por ende el fracaso del proceso de rehabilitación que tiene por fin la recuperación de las capacidades perdidas o deterioradas.

En esta tesis se realizará la identificación de las características que son indicadores de calidad para los usuarios finales. Así mismo, se identificarán y pondrán en práctica con la herramienta de rehabilitación de personas afectadas por DCS HABITAT [16] técnicas de evaluación de la calidad en uso focalizadas en este tipo de usuarios para los cuales se hace difícil en muchos casos la aplicación de técnicas de evaluación tradicionales como la cuestación. Con dicha aportación se estará dando un paso importante en la mejora de la calidad en uso de las herramientas software empleadas en la rehabilitación del DCS.

4.3.2 Adaptatividad

Se entiende por adaptación la “transformación de la interfaz de usuario para adecuarla al contexto de uso donde es utilizada”. Aquí se introduce el término contexto, el cual juega un papel bastante importante por el cual es necesaria la adaptación.

El contexto en el que se utiliza una interfaz de usuario es cambiante por factores que pueden influir en su utilización como pueden ser la plataforma en que ésta debe ejecutarse (Windows, Macintosh), la variedad de dispositivos en los que se va a utilizar (PC, PDA, Smartphone, tablet, ...), la situación en la que se utilice (en casa, en la calle, en edificios públicos, ...), la cual determinará los medios de los que dispondrá el dispositivo para realizar conexiones, las características del usuario, como su capacidad de aprendizaje, el grado de manejo de la interfaz, la motivación que sienta en su manejo o sus capacidades psico-motoras o el grado de consecución, por parte del usuario, de los objetivos marcados al utilizar la interfaz, factor este último de gran importancia en el caso de interfaces de usuario empleadas en la rehabilitación de personas.

La adaptación puede llevarse a cabo desde dos puntos de vista, como pueden ser los elementos visuales presentados en la interfaz o el contenido en información mostrada al usuario como bien explica [64].

La diferencia de la adaptación con la adaptatividad se encuentra en cómo llevar a cabo la adaptación. En el caso de la adaptatividad la adaptación es llevada a cabo por el propio sistema y no por el usuario. Si atendemos a [65], un sistema adaptativo es “aquel que, basado en el conocimiento, altera automáticamente aspectos de funcionalidad e interacción para lograr acomodar las distintas preferencias y requerimientos de sus distintos usuarios”.

Para desarrollar interfaces adaptativas ha de hacerse uso de entornos de desarrollo que aprovechen al máximo las capacidades de este tipo de interfaces. Son muchos y variados en características los frameworks disponibles en función del tipo de interfaz a desarrollar, como pueden ser AUIT [66] o ISATINE [67].

Usualmente el proceso de diseño de interfaces adaptativas suele plantearse en respuesta a las preguntas ¿Qué adaptar?, ¿Cuándo llevar cabo la adaptación? y ¿Cómo llevar a cabo la adaptación?.

En esta tesis se va a tratar de dar respuesta a estas tres preguntas, identificando los elementos susceptibles de ser adaptados, los momentos en los que se puede llevar a cabo una adaptación y las técnicas que pueden ser aplicadas para realizar las adaptaciones.

Para la mejora de la automatización del proceso de adaptación que se da con la adaptatividad se identificarán y mejorarán las técnicas actuales que permiten la toma de decisiones en cuanto a las adaptaciones adecuadas, basándonos en técnicas de extracción y selección de información correspondientes a la minería de datos y técnicas de decisión aportadas por la inteligencia artificial.

4.3.3 Modelos de usuario

Son muchos los que han llevado a cabo aproximaciones cercanas a [66] pero todas carecen bien de posibilidad de generación de interfaces multiplataforma/multidispositivo (o al menos un rango de dispositivos más reducido) o bien por la capacidad de adaptación a las características del usuario o a sus tareas.

El modelado de usuario se hace una técnica necesaria en el desarrollo de interfaces adaptativas, en las que es el sistema el que se adapta a las necesidades de los distintos usuarios que lo utilizan, cada uno con sus características, llegando a ser cambiantes éstas en un mismo usuario a lo largo del proceso de utilización de la interfaz.

Un modelo de usuario contiene toda la información acerca del usuario que van a manipular directamente una interfaz. Puesto que las características varían entre los distintos usuarios e incluso dentro del mismo usuario, continuamente se actualiza con los análisis de uso llevados a cabo por el sistema a través del motor de análisis. Entre los ítems que pueden tenerse en cuenta para llevar a cabo este análisis pueden contemplarse el número o destino de los clics de ratón, el tipo o duración de tareas completadas o el número o tipo de peticiones de ayuda solicitadas por un usuario, proporcionados bien por la interfaz de usuario o por el propio sistema. Es el motor de análisis del sistema el que infiere las adaptaciones pertinentes a partir del modelo (perfil) que se tiene del usuario que lo está manejando y de otra serie de modelos del sistema. Estas adaptaciones se realizan en función de la información inferida que además es añadida al perfil del usuario en forma de actualización.

El trabajo con modelos de usuario permite la generación de reglas de decisión que configuran la interfaz en tiempo de ejecución, creando una interfaz más dinámica y adaptada a las características cambiantes de los usuarios. Es usual ver cómo se trabaja con estereotipos [68][69] que permiten la clasificación de los usuarios y la simplificación del diseño.

El trabajo actual en torno a los modelos de usuario se ha centrado en usuarios sin ningún tipo de limitación, los cuales utilizan para la interacción con la interfaz dispositivos comunes como pueden ser el ratón o el teclado. Se pueden encontrar varias razones por las cuales estos modelos no son apropiados para personas con alguna limitación de interacción, por ejemplo, el coste, tanto de comercialización como de desarrollo. Es sabido que la gran mayoría de usuarios no poseen limitaciones de interacción, por lo que es mucho más efectivo

comercializar interfaces optimizadas para la mayoría de usuarios, es decir, sin limitación de interacción. En cuanto al desarrollo también supone un coste extra dado que el acceso a los usuarios con algún tipo de limitación de interacción es más complejo, el seguimiento y evaluación de las interfaces es más lento, extendiendo el tiempo de desarrollo, etc.

Puesto que los actuales modelos de usuario han sido desarrollados para usuarios sin ningún tipo de limitación de interacción, se basan en suposiciones acerca de los usuarios. Se hace necesario la adaptación de los modelos de usuarios existentes y el desarrollo de otros nuevos para desarrollar aplicaciones que tengan en cuenta las características personales de usuarios con algún tipo de limitación de interacción que tienen que hacer uso de ellas para llevar a cabo su proceso de rehabilitación. La clave para el éxito de estas interfaces de usuario es la utilización de test de usuario y de usabilidad en las fases tempranas del proceso de desarrollo de las interfaces de usuario. Un ejemplo de diseño de metodologías adecuadas para el diseño de modelos de usuario adaptadas a usuarios con limitaciones es el reflejado en [70].

En esta tesis se realizará la identificación de las metodologías actuales de diseño de modelos de usuario para usuarios afectados por DCS, procediendo a la mejora de éstas mediante el desarrollo de una nueva que permita diseñar modelos de usuario adaptados a personas afectadas por DCS para su posterior aplicación en la mejora de la herramienta HABITAT[4].

4.4 Planificación y actividades

Para la realización de esta tesis se plantea la aplicación de la metodología Investigación-Acción ([71], IA). Para su correcta aplicación se han identificado los cuatro tipos de roles que intervienen y que se describen a continuación (Figura 4-2):

- El *equipo investigador* que lleva a cabo el proceso de investigación. Este rol va a ser llevado a cabo tanto por el doctorando como por el grupo de investigación LoUISE en el que se integra (UCLM).
- El *objeto* bajo investigación, es decir, el problema que debe ser resuelto. En este caso, el objeto de investigación es el desarrollo de herramientas de rehabilitación del DCS desde una perspectiva de calidad.
- El *grupo crítico* de referencia, el cual recibe los resultados de la investigación y participan en el proceso de investigación (aunque menos activamente que el investigador). Este rol va a ser llevado a cabo por la asociación ADACE CLM a fin de validar los resultados aplicables de la investigación.
- El *beneficiario* de la investigación es quien espera explotar los resultados de la investigación aunque no tome parte en el proceso. En este caso, este papel es llevado a cabo por cualquier colectivo involucrado en el desarrollo de herramientas software de rehabilitación del DCS.



Figura 4-2: Actores en el proyecto de tesis

En el marco de esta tesis doctoral los diferentes actores detectados participarán en el desarrollo de las siguientes actividades, cuya distribución temporal se describe en la Figura 4-3:

- *Estado del arte*. Se identificarán las cuestiones de investigación relativas a modelos de calidad software disponibles, técnicas de data mining, metodologías de diseño de modelos de usuario, evaluación de interfaces de usuario, etc. Será esta una actividad que se realice de forma reiterada a lo largo de toda la tesis doctoral.
- *Evaluación de interfaces de usuario por afectados por DCS*. Elaboración de una propuesta integradora de técnicas de evaluación de interfaces de usuario por personas afectadas por algún tipo de DCS y a las que no se pueden aplicar técnicas de evaluación tradicionales. Además, se considerarán las modificaciones necesarias en los procesos descritos por las metodologías existentes para evaluación de interfaces de usuario.
- *Data mining*. Relacionado con la actividad anterior, la evaluación de interfaces de usuario por parte de personas afectadas por DCS puede apoyarse en la obtención de múltiples datos de interacción del usuario. La interpretación de dichos datos supone un potencial importante en la evaluación de interfaces de usuario por personas con algún tipo de limitación. En esta tesis doctoral se realizarán aportaciones en torno a la mejora de técnicas de extracción de información.
- *Modelos de usuario adaptados a personas con limitaciones*. En el diseño de interfaces de usuario inteligentes (adaptativas) es habitual hoy en día la utilización de modelos de usuario que permiten adaptar las interfaces al usuario que las utiliza. En esta tesis doctoral se realizarán aportaciones en este ámbito, centrándonos en la adaptación de dichos modelos a personas con algún tipo de limitación de interacción.
- *Soporte*. A lo largo de la presente tesis doctoral, se realizarán a su vez diferentes herramientas que ayuden a poner en práctica cada una de las aportaciones antes mencionadas.
- *Validación*. A fin de determinar la validez de las diferentes propuestas planteadas, se llevará a cabo la integración de las diferentes herramientas sobre HABITAT [4], contexto desarrollado por el grupo LoUISE.
- *Difusión*. A lo largo de todo el proceso de realización de la presente tesis doctoral, se realizarán diferentes publicaciones que permitan obtener el feedback necesario tanto de

foros nacionales como internacionales. Además, también como parte de dicho proceso de difusión se realizará la escritura del documento de tesis.

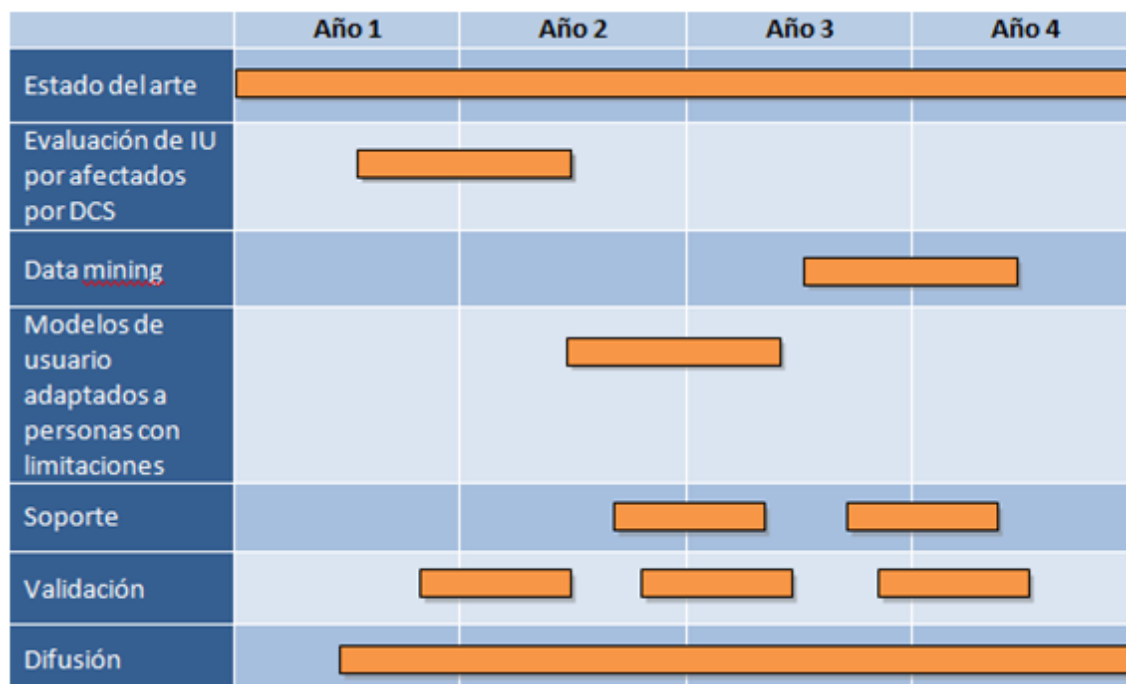


Figura 4-3: Distribución temporal de las actividades

Estas actividades se llevarán a cabo de forma iterativa, siguiendo el ciclo que recomiendan Padak & Padak [71] de *planificar – actuar – observar – reflexionar*, permitiendo así dar soluciones más refinadas a lo largo de la realización de la presente tesis doctoral.

4.5 Conclusiones

En la rehabilitación de personas afectadas por DCS se han conseguido grandes avances, pasando de las técnicas tradicionales, con las que la interacción en la realización de los ejercicios era limitada y la asignación de nuevos ejercicios consistía en simples protocolos prefijados, al uso de las TIC, con las que los afectados disponen de estilos de interacción variados y motivadores y los especialistas de herramientas de análisis del progreso de éstos, con la posibilidad de modificar el itinerario de ejercicios en función de dicho progreso, consiguiendo la personalización del proceso de rehabilitación.

En esta tesis se tratará de dar respuesta a la necesidad de herramientas de rehabilitación que faciliten la labor a los especialistas en la mejora de la efectividad del proceso de rehabilitación y que ofrezcan ejercicios variados y motivadores a los afectados de forma que evitarán el abandono temprano de la rehabilitación y, por tanto, el fracaso en la mejora de la calidad de vida buscada para el afectado.

La calidad será un factor importante a tener en cuenta en el desarrollo de interfaces de usuario empleadas en la rehabilitación de personas afectadas por DCS, teniendo en consideración las recomendaciones de los últimos estándares de calidad. Entre estas consideraciones se encuentra la necesidad de adaptarse al contexto del usuario que las utiliza, ya sea en términos de modificaciones visuales en los elementos o el contenido mostrados, en términos de arquitectura, adaptándose al dispositivo utilizado, o en términos de adaptación del proceso de rehabilitación, decidiendo u ofreciendo los ejercicios óptimos.

En el desarrollo de interfaces adaptativas actualmente se está haciendo uso de modelos de usuario que optimizan el resultado en dicho desarrollo pero que no están preparados para su

uso en el desarrollo de interfaces que van a ser utilizadas por personas con algún grado de limitación para interactuar. En esta tesis se desarrollará una metodología que permita diseñar modelos de usuario que contemplen las necesidades de los afectados por DCS.

Capítulo 5

Curriculum Vitae

5.1 Titulación académica

INGENIERÍA INFORMÁTICA

Universidad de Castilla - La Mancha

Julio 2011

5.2 Otras titulaciones académicas

INGENIERÍA TÉCNICA EN INFORMÁTICA DE SISTEMAS

Universidad de Castilla - La Mancha

Julio 2002

INGENIERÍA TÉCNICA EN INFORMÁTICA DE GESTIÓN

Universidad de Castilla - La Mancha

Junio 2010

5.3 Participación en Seminarios, Congresos, Cursos y en Eventos de Difusión Científica

F.J. Navarro, E. Navarro, F. Montero “*HABITAT: Una herramienta para el soporte de actividades interactivas útiles en el tratamiento del daño cerebral*”, *INTERACCION '12*, Oct 03-05 2012, Elche, Spain, ACM 978-1-4503-1314-8/12/10

5.4 Otros méritos

5.4.1 Experiencia profesional docente no universitaria

Profesor funcionario de carrera en I.E.S. Izpisúa Belmonte, Hellín, Albacete

Servicios Periféricos en Albacete, Consejería de Educación de JCCM

Septiembre 2012 – Actualidad

Profesor funcionario de carrera en comisión de servicios en I.E.S. Virrey Morcillo, Villarrobledo, Albacete

Servicios Periféricos en Albacete, Consejería de Educación de JCCM

Septiembre 2010 – Agosto 2012

Profesor funcionario de carrera en expectativa de destino en I.E.S. Leonardo Da Vinci, Albacete

Servicios Periféricos en Albacete, Consejería de Educación de JCCM

Septiembre 2009 – Agosto 2010

Profesor funcionario de carrera en prácticas en I.E.S. Parque Lineal, Albacete

Servicios Periféricos en Albacete, Consejería de Educación de JCCM

Septiembre 2008 – Agosto 2009

Profesor interino en I.E.S. Izpisúa Belmonte, Hellín

Servicios Periféricos en Albacete, Consejería de Educación de JCCM

Septiembre 2007 – Agosto 2008

Profesor interino en CEPA Lucas Aguirre, Cuenca

Servicios Periféricos en Cuenca, Consejería de Educación de JCCM

Octubre 2006 – Agosto 2007

Curso INICIADOS de la JCCM. Iniciación de las personas adultas a las TIC

CEFMAN, Ledaña, Cuenca

Noviembre 2005

Redes e informática de usuario. Curso del SEPECAM

CEMAN, Motilla del Palancar, Cuenca

Junio 2005 – Agosto 2005

Ofimática-Informática II. Medio. Curso promovido por la CCAE

Infornet, Iniesta, Cuenca

Mayo 2005 – Julio 2005

5.4.2 Experiencia profesional no docente

Jefe de planta en el Dto. de Explotación de Sistemas Informáticos

Servicios Centrales, Consejería de Obras Públicas, JCCM, Toledo

Mayo 2006 – Octubre 2006

Desarrollo de aplicaciones multimedia interactivas con Adobe Flash. Panorámicas 360° y escenarios virtuales en 3D

Entornos Innovadores, Albacete

Marzo 2006 – Mayo 2006

Diseño web basado en gestores de contenido. Desarrollo de aplicaciones Flash. Programación de aplicaciones con Java

GTS,S.L., Albacete

Febrero 2003 – Diciembre 2004

Gestión de SQL Server. Programación en Visual Basic y algoritmos de investigación operativa

Goal Systems, Madrid

Septiembre 2002 – Noviembre 2002

5.4.3 Formación complementaria**III Jornadas provinciales de intercambio de secciones europeas. (13 horas)**

CEP de Albacete, Mayo 2011

Moodle como complemento a la clase presencial. Buenas prácticas. (20 horas)

CEP de Albacete, Mayo 2010

Jornadas informativas creación de redes de contacto con centros en el extranjero. (8 horas)

CEP de Albacete, Abril 2010

Manejo de información geográfica con Google Earth y Google Maps (distancia) (40 horas)

Consejería de Educación y Ciencia de CLM, Diciembre 2009

El arte de hablar. Prevenir los problemas de la voz (distancia) (40 horas)

Consejería de Educación y Ciencia de CLM, Mayo 2009

GRUPO DE TRABAJO: Incorporación a la educación de los PCPI de Auxiliar Informático (50 horas)

CEP de Albacete, Mayo 2009

Diseño de materiales multimedia. Web 2.0 (60 horas)

ISFTIC, Abril 2009

Formación para el profesorado de Programas de Cualificación Profesional Inicial (30 horas)

CEP de Albacete, Marzo 2009

Profesorado de secundaria y enseñanzas de régimen especial en prácticas (30 horas)

CEP de Albacete, Marzo 2009

PHP en la educación (Iniciación) (50 horas)

ISFTIC, Diciembre 2008

La pizarra digital como recurso didáctico en educación (31 horas)

ANPE, Noviembre 2008

Flash para la enseñanza (60 horas)

CNICE, Junio 2008

Creación de recursos educativos multimedia con Cuadernia (30 horas)

CEP de Albacete, Abril 2008

El intercambio de información telemática en el aula (comunicación a través de Internet) (30 horas)

ANPE, Febrero 2008

Diseña tu web con Joomla (40 horas)

CEP de Albacete, Febrero 2008

La educación para la convivencia en el marco de la organización escolar (110 horas)

Universidad Camilo José Cela, Febrero 2008

Introducción a Linux (40 horas)

CNICE, Enero 2008

Investigación e innovación didáctica en el aula (110 horas)

Universidad Camilo José Cela, Noviembre 2007

Monitor de actividades juveniles (250 horas)

Dirección General de la Juventud, Marzo 2007

Recursos didácticos y psicopedagógicos: dinámicas de relación interpersonal en el aula (110 horas)

Universidad Camilo José Cela, Marzo 2007

Organización escolar: Prevención y control de la violencia en los centros (110 horas)

Universidad Camilo José Cela, Marzo 2007

Didáctica de las actividades extraescolares en centros educativos (110 horas)

Universidad Camilo José Cela, Marzo 2007

Diseño y aplicación de medidas de atención a la diversidad (60 horas)

ANPE, Diciembre 2006

Nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) aplicadas a la educación (110 horas)

Universidad Camilo José Cela, Diciembre 2006

Técnico Auxiliar en Diseño Gráfico por Ordenador (640 horas)

ADECA, Albacete, Junio 2005

Master en Diseño y Mantenimiento de Sitios Web (950 horas)

CEDECO, Madrid, Octubre 2002

Programación de Aplicaciones Informáticas (950 horas)

PROLOGIC, Consejería de Industria de Castilla La Mancha, Enero 2002

Tendencias en Redes de Altas Prestaciones (25 horas)

Escuela de verano, Universidad de Castilla la Mancha, Julio 1999

Ingeniería del Software y bases de Datos. Tendencias actuales. (25 horas)

Escuela de verano, Universidad de Castilla la Mancha, Julio 2000

Bibliografía

- [1] M.A. Teruel, E. Navarro, V. López-Jaquero, F. Montero, P. González, "Analyzing the Understandability of Requirements Engineering Languages for CSCW Systems: A Family of Experiments," Albacete, 2012.
- [2] Crescencio Bravo Santos and Miguel Ángel Redondo Duque, *Sistemas interactivos y colaborativos en la web*. Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, 2005.
- [3] Ahmed Seffah, Homa Javahery, John Grundy, and Wenjing Zou, *Multiple User Interfaces: Cross-Platform Applications and Context-Aware Interfaces*. Montreal, Canada: Concordia University, Department of Computer Science, Faculty of Engineering and Computer Science, 2005.
- [4] F. J. Navarro. (2011) HABITAT v2.0.
- [5] C. García Sánchez, Ll. Barraquer Bordas A. Estévez González, "Los lóbulos frontales: el cerebro ejecutivo," *Revista de neurología*, pp. 566-577, 2000.
- [6] IMSERSO, "Modelo de atención a las personas con Daño Cerebral," Madrid, 2007.
- [7] Defensor del pueblo, Daño cerebral sobrevenido en España: Un acercamiento epidemiológico y sociosanitario, 2005.
- [8] J.M., Tirapu, J. Muñoz, *Rehabilitación neuropsicológica*. Madrid, 2001.
- [9] Washington University in St. Louis. (1997) The Internet Stroke center. [Online]. <http://www.strokecenter.com>
- [10] Jose Leon-Carrion, *Manual de neuropsicología humana*. Madrid: Siglo XXI de España Editores, S.A., 1995.
- [11] Mabel García González-Sama and César Mauri Loba. (2004) Experiencia de interacción persona-ordenador a través de webcam con usuarios con discapacidad motriz grave y moderadamente afectados.
- [12] Ministerio de sanidad, política social e igualdad. (2011, Junio) SNS Consulta interactiva. [Online]. <http://pestadistico.msc.es/PEMSC25/Default.aspx>
- [13] Organización Mundial de la Salud. (1977) CIE-9MC. [Online]. http://eciemaps.mspsi.es/ecieMaps-2010/basic_search/cie9mc_basic_search.html
- [14] Jaime Belkind-Gerson and Ramón Suárez-Rodríguez, "Regeneración cerebral. Realidades, posibilidades y esperanzas," *Anales médicos*, vol. 49, no. 4, pp. 201-207, 2004.

- [15] Sara Fernández-Guinea, "Estrategias a seguir en el diseño de los programas de rehabilitación neuropsicológica para personas con daño cerebral," in *Congreso virtual de neuropsicología. Rehabilitación cognitiva*, Madrid, 2001.
- [16] Francisco Javier Navarro Alarcón. (2011) HABITAT v2.0.
- [17] Instituto Guttmann, Universidad Autónoma de Barcelona. (2011) PREVIRNEC.
- [18] Neuron Up. (2012) www.neuronup.com.
- [19] Hasomed. (2011, Marzo) Hasomed. [Online]. <http://www.hasomed.de/en/products/rehacom-cognitive-therapy.html>
- [20] Computer Science Canada University of Victoria. (2001) <http://webhome.cs.uvic.ca/~mserra/indigo/index.html>.
- [21] E. Bonneville, J.C. Muzio, and M. Serra, "Usability Issues in Software to Assist People with Brain Injuries," *6th ERCIM Workshop "User Interfaces for All"*, 2000.
- [22] S.L. Educ@migos. (2012) SmartBrain. [Online]. http://www.smartbrain.net/smartbrain/previo_es.html
- [23] Francisco Javier Moreno Pérez and Antonio Aguilera Jiménez, "Rehabilitación cognitiva en sujetos discapacitados mediante el empleo de nuevas tecnologías. El programa CyT-L," 2010.
- [24] Clic2000. (2011, Febrero) <http://clic.edu365.cat/es/clic3/index.htm>.
- [25] Grador. (2008) <http://www.psicologia-online.com/ciopa2001/actividades/09/index.html>. [Online]. <http://www.intras.es>
- [26] ISO/IEC 25010:2011. (2011) Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- System and software quality models. [Online]. <http://www.iso.org>
- [27] J Brooke, *SUS: a "quick and dirty" usability scale*. Early, 1986.
- [28] Jakob Nielsen. (2012, June) Alertbox - How many test users in a usability study. [Online]. <http://www.useit.com/alertbox/number-of-test-users.html>
- [29] Thomas B. Moeslund and Erik Granum, "A Survey of Computer Vision-Based Human Motion Capture," *Computer Vision and Image Understanding*, no. 81, pp. 231–268, 2001.
- [30] M. Moganti, F. Ercal, C.H. Dagli, and S. Tsunekawa, "Automatic PCB inspection algorithms: a survey," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 63, pp. 287–313, 1996.
- [31] S.M. Bhandarkar, T.D. Faust, and M. Tang, "CATALOG: a system for detection and rendering of internal log defects using computer tomography," *Machine Vision and Applications*, vol. 11, pp. 171–190, 1999.
- [32] J. Katrasnik, M. Veber, and P. Peer, "Using computer vision in a rehabilitation method of a human hand," in *Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing MEDICON 2007*, Ljubljana, Slovenia, 2007.

-
- [33] Mark Billingham, "Augmented Reality in Education," *New Horizons for Learning*, Diciembre 2002.
 - [34] Microsoft. (2012) Kinect. [Online]. <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>
 - [35] KinesisIO. (2012) KinesisIO. [Online]. <http://kinesis.io/>
 - [36] NASA. (1991, Sep.) NASA - Jet Propulsion Laboratory. [Online]. <http://www-robotics.jpl.nasa.gov/tasks/showTask.cfm?FuseAction=ShowTask&TaskID=141&tdaID=800007>
 - [37] Ray Latypov. (2008, May) Virtuesfera. [Online]. <http://cb.nowan.net/blog/2008/05/22/virtusphere-review/>
 - [38] Google Inc. (2012) Google Glasses Project. [Online]. <https://plus.google.com/111626127367496192147/posts>
 - [39] Víctor Manuel López Jaquero. (2005) Interfaces de usuario adaptativas basadas en modelos y agentes software.
 - [40] Bill Kules, "User Modeling for Adaptive and Adaptable Software Systems," 2000.
 - [41] Anthony Lennard and Alan Parkes, "An Architecture For Adaptive Interfaces," *AAI/AI-ED Technical Report*, no. 110, 1995.
 - [42] C. Aflori, M.H Zaharia, I. Şova, C. Amarandei, and F. Leon, "Research Report: The prototype of an intelligent web GIS system for extracting knowledge from a database by using intelligent agents," *The Science Policy and Scientometry Review*, 2005.
 - [43] Voicu Mirela-Cristina, Babonea Alina-Mihaela, and Dumitru Andreea Paula, "Data Mining - Innovative method for obtaining information in marketingand business management," in *European integration realities perspectives*, 2011.
 - [44] S. J. Lee and K. Siau, "A review of data mining techniques," *Industrial Management & Data Systems*, pp. 41-46, 2001.
 - [45] Torch. [Online]. <http://www.torch.ch/>
 - [46] Weka. [Online]. <http://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/>
 - [47] Bow. [Online]. <http://www-2.cs.cmu.edu/~mccallum/bow/>
 - [48] S. Asghar and K. Iqbal, "Automated Data Mining Techniques: A Critical Literature Review," in *2009 International Conference on Information Management and Engineering*, 2009, pp. 75-79.
 - [49] N.K. Sinha, M.M. Gupta, and L.A. Zadeh, "Outline of Computational Theory of Perceptions Based on Computing with Word," *Soft Computing & Intelligent Systems*, pp. 3-22, 2000.
 - [50] C.T. Sun and J.S.R. Jang, "Neurofuzzy modelling and control," *Proc. IEEE*, vol. 83, no. 3, pp. 378-406, 1995.
 - [51] I.H. Witten and Frank E., *Data Mining. Practical Machine Learning Tools and Techniques with JAVA Implementations.*: Morgan Kaufman Publishers, 1999.

- [52] C. Anderson, P. Domingos, and D. Weld, "Relational Markov Models and their Application to Adaptive Web Navigation," in *Proceedings of the Eighth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 2002.
- [53] F. Witting, "ML4UM for Bayesian Network User Model Acquisition," in *Second Workshop on Machine Learning, Information Retrieval and User Modeling*, Pittsburgh, 2003.
- [54] A.K. Jain and R.C. Dubes, "Data clustering," *ACM Computing Survey*, vol. 31, pp. 264-323, 1999.
- [55] J.A. Hartigan and M.A. Wong, "Algorithm AS 136: A K-Means Clustering Algorithm," *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, vol. 28, no. 1, pp. 100-108, 1979.
- [56] B.S. Everitt, *Cluster Analysis*.: Arnold. 3rd edition, 1993.
- [57] Rui-jie Liu, Jin-bo Zhang, and Rui Liu, "Fuzzy c-Means Clustering Algorithm," *Journal of Chongqing Institute of Technology(Natural Science Edition)*, 2008.
- [58] A. Joshi, K. Joshi, and R. Krishnapuram, "On mining Web Access Logs," *Proceedings of the ACM-SIGMOD Workshop on Research Issues in Data Mining and Knowledge Discovery*, pp. 63-69, 2000.
- [59] Hendrik Blockeel, Luc De Raedt, and Jan Ramon, "Top-down induction of clustering trees," *ACM*, Noviembre 2000.
- [60] C. Sas, R. Reilly, and G. O'Hare, "A Connectionist Model of Spatial Knowledge Acquisition in a Virtual Environment," *Proc. 9th Int. Conf. on User Modelling*, pp. 40-48, 2003.
- [61] L. Ardissono and A. Goy, "Tailoring the Interaction with Users in Web stores," *User Modelling and User Adapted Interaction*, vol. 10, no. 4, pp. 251-303, 2000.
- [62] G.D. Magoulas, K.A. Papanikolaou, and M. Grigoriadou, "Neuro-fuzzy synergism for planning the content in a web-based course," *Informatica*, vol. 25, no. 1, pp. 39-48, 2001.
- [63] ISO/IEC JTC1/SC7, *Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- System and software quality models.*, 2011.
- [64] Peter Brusilovsky, "Adaptive Hypermedia," in *User Modeling and User-Adapted Interaction*.: Kluwer Academic Publishers, 2001, pp. 87-110.
- [65] David Benyon, "Accommodating Individual Differences through an Adaptive User Interface," 1994.
- [66] John Grundy and Biao Yang, "An environment for developing adaptive, multi-device user interfaces," in *Fourth Australasian User Interface Conference (AUIC2003)*, Adelaide, 2002.
- [67] Víctor López-Jaquero, Jean Vanderdonckt, Francisco Montero, and Pascual González, "ISATINE: Un marco de trabajo para la adaptación de interfaces de usuario".
- [68] S. Garlatti, S. Iksal, and P. Kervella, "Adaptive On-Line Information System by means of a Task Model and Spatial Views," *Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Systems and User Modeling on the WWW*, pp. 55-69, 1999.

- [69] Nevelin I. Salazar, Carlos H. Galván, Elena B. Durán, and Ivana Harari, "Modelo de usuarios basado en estereotipos para interfaces adaptativas".
- [70] S. Keates, P.J. Clarkson, and P. Robinson, "Developing a methodology for the design of accessible interfaces," in *Proceedings of the 4th ERCIM Workshop*, Estocolmo, 1998.
- [71] N. Padak and G. Padak, *Guidelines for Planning Action Research Projects. Research to Practice.*, 1994.